

---

# **ASEPTISEN NESTEPAKKAUSLINJAN KÄYTTÖÖNOTTOTESTAUS**

Standardit, ohjeistus ja dokumentointi



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Valkeakoski, 20.11.2011

Timo Tolonen



Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Valkeakoski

Työn nimi                      Aseptisen nestepakkauslinjan käyttöönottotestaus

Tekijä                         Timo Tolonen

Ohjaava opettaja            Aimo Tikka

Hyväksytty                  \_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_.20\_\_\_\_

Hyväksyjä

VALKEAKOSKI

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

**Tekijä**

Timo Tolonen

**Vuosi** 2011**Työn nimi**

Aseptisen nestepakkauslinjan käyttöönottotestaus

## TIIVISTELMÄ

Lamican Oy valmistaa koneenrakennusyksikössä aseptisia nestepakkauslinjoja. Ennen valmistuneen pakkauslinjan käyttöönottoa sille suoritetaan standardien määräämät tarkistukset sekä mittaukset turvallisen toiminnan toteamiseksi. Pakkauskonelinjan kehittyessä sekä muuttuessa on huomattu käyttöönoton ohjeistuksen käyttöönottomittauksiin ja tarkistuksiin jääneen toteutumatta. Tämä ilmeni tarkastustoimiin käytetyn ajan pidentymisenä.

Tämän työn tavoitteena oli tarkastella koneen valmistukseen liittyviä standardeja sähkö- ja automaatioasennuksen näkökulmasta. Näiden standardien perusteella voidaan ohjeistaa tarkastusmenetelmät vaadituille mittauksille ja vaatimuksenmukaisuuden todentamiselle. Lisäksi muutosten jälkeiset standardien määräämät tarkistukset muuttuneille kohteille voidaan suorittaa kontrolloidusti.

Koneturvallisuusstandardi SFS-EN 60204-1 on koneiden sähkölaitteistoihin liittyvä ohjeistus. Standardissa määritellään, kuinka koneen sähköasennusten vaatimuksenmukaisuus todennetaan mittauksin ja laskennallisesti. Koska vaaditut käyttöönottomittaukset suoritetaan osittain 230/400 VAC:n järjestelmiin jännitteen ollessa päällä, on huomioitava myös standardi SFS 6002: luku 5, käyttötoimenpiteet ja toiminnan tarkastukset. Siinä määritellään sähkötyöturvallisuus ja suorittavan henkilöstön ammattitaitovaatimukset mittaustehtävissä. Pienoisjännitteen 24 VDC:n järjestelmien tarkastuksille ei ole valmista standardia, vaan ne määriteltiin tämän työn pohjalta.

Opinnäytetyön toteutuksen mahdollisti tarve nopeuttaa työvaiheen suoritusta. Opinnäytetyön aihe liittyi läheisesti tekijän koulutukseen sekä työtehtäviin käyttöönottajana. Työn tuloksena laadittiin ohjeet käyttöönottomittausten suorittamiseen ja dokumentointiin standardien vaatimusten mukaisesti. Tämä myös selkeästi nopeutti käyttöönottomittausten suoritusta ja työvaiheen kesto aika saatiin lyhyemmäksi.

**Avainsanat** Käyttöönottomittaukset, todentaminen, I/O-testaus**Sivut**

41 s. + liitteet 4 s.

VALKEAKOSKI

Degree Programme in Automation Engineering

**Author**

Timo Tolonen

**Year** 2011

**Subject of Bachelor's thesis**

Verifying measurements of aseptic liquid packaging machine line

---

**ABSTRACT**

Lamican Ltd manufactures aseptic liquid packaging lines. Before a packaging line is fully completed, it undergoes checking and measurements procedures for safe operation in accordance with the industry standards. As the packaging machine line evolves and changes over time, it was noted that introductions for verification measurements had not been properly updated to match these changes. This anomaly had increased the time used to complete the control activities.

The aim of this work was to examine the standards for machine manufacturing from an electrical and automation installation point of view. These standards will create a basis of inspection methods for compliance and certification of testing procedures. With these procedures the examination of modified objects can be performed in a controlled manner, consistent with standards.

Machinery Safety Standard SFS-EN 60204-1 is guidance for the electrical equipment of machines. The standard defines how the conformity of the machine's electrical installations is verified through measurements and calculations. Since the required measurements are carried out with low-voltage 230/400 VAC, standard SFS 6002: section 5, the use of measures and performance checks, must also be taken into consideration. It defines electrical safety and skill requirements for the personnel performing the measurement tasks. The standards do not define any testing procedures for extra-low voltage 24 VDC systems, but they were created based on this thesis.

The thesis topic was enabled by the necessity to accelerate work phase performance. The thesis was closely related to the author's education as well as work tasks as a member of start-up personnel. As a result of this thesis, an introduction of the guidelines as well as measurements and standards for documenting requirements were drawn up. This also clearly speeded up the introduction of performance measurement and the duration of the work phase was shortened.

**Keywords** Verifying measurements, commissioning, I/O-testing

**Pages** 41 p. + appendices 4 p.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Toimeksiantaja .....	1
1.2	Käyttöönottomittaukset .....	2
1.3	Toiminnalliset testit.....	2
2	ASEPTINEN NESTEPAKKAUSLINJA .....	3
2.1	Tölkinmuodostusyksikkö .....	4
2.1.1	Sähkökaappi .....	5
2.1.2	Kenttäkotelot .....	5
2.2	Täyttöyksikkö.....	5
2.2.1	Aseptiikka ja pesukeskus.....	8
2.2.2	Sähkökaappi ja kenttäkotelot.....	8
3	AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN KUVAUS .....	9
3.1	Tölkinmuodostusyksikkö .....	9
3.1.1	Ohjelmoitava logiikka .....	9
3.1.2	Moottorikäytöt .....	9
3.1.3	Ohjauspaneeli ja käyttökytkimet .....	10
3.1.4	I/O-kortit.....	10
3.1.5	Turvapiiri .....	10
3.1.6	Paineilmaterminaalit.....	10
3.1.7	Lämmityspiirit .....	11
3.1.8	Anturit.....	11
3.2	Täyttöyksikkö.....	12
3.2.1	Ohjelmoitava logiikka .....	12
3.2.2	Moottorikäytöt .....	12
3.2.3	Ohjauspaneeli ja käyttökytkimet .....	12
3.2.4	Analogiset mittaukset .....	12
3.2.5	Binäärilähdöt ja binääritulot .....	13
3.2.6	Turvapiiri .....	13
3.2.7	Lämmityspiirit .....	13
3.2.8	Anturit.....	14
4	MITTAUSTEN SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS .....	15
4.1	Ammattipätevyysstermit.....	15
4.1.1	Ammattihenkilö .....	15
4.1.2	Opastettu henkilö .....	16
4.1.3	Maallikko.....	16
4.2	Mittaus.....	16
4.3	Testaus.....	16
4.4	Tarkastus .....	16
5	KONEIDEN SÄHKÖTURVALLISUUS JA TODENTAMINEN .....	18
5.1	Teknilliset dokumentit.....	18
5.1.1	Asennusdokumentit .....	19
5.1.2	Yleis- ja toimintakaaviot .....	19

5.1.3	Piirikaaviot .....	19
5.1.4	Käyttöohjeet .....	20
5.1.5	Kunnossapito-ohjeet .....	20
5.2	Kosketusjännitesuojauksen todennus .....	20
5.2.1	Koe 1: Suojajohdinpiirin jatkuvuus.....	20
5.2.2	Koe 2: Vikavirtapiirin impedanssin ja ylivirtasuojan soveltuvuus.....	21
5.3	Eristysresistanssi mittaus.....	21
5.4	Jännitekoe.....	22
5.5	Suojaus jäännösjännitteiltä.....	23
5.6	Toiminnalliset testit.....	23
5.7	Dokumentointi.....	23
6	KÄYTTÖÖNOTTOMITTAUSTEN SUORITUS .....	24
6.1	Aistinvarainen tarkastus .....	25
6.2	Kosketusjännitesuojauksen todennus .....	25
6.2.1	PE-johtimen jatkuvuus .....	25
6.2.2	Vikavirtapiirin impedanssin ja ylivirtasuojan soveltuvuus .....	26
6.3	Eristysresistanssin mittaus.....	28
6.4	Suojaus jäännösjännitteiltä.....	29
6.5	Toiminnalliset testit.....	29
6.6	Dokumentointi.....	30
7	ASEPTINEN NESTEPAKKAUSLINJA, I/O-TESTAUS.....	31
7.1	Valmistavat toimenpiteet ja tarkistukset .....	31
7.1.1	Logiikan ohjelmaversio .....	32
7.1.2	Kosketusnäytön ohjelmaversio.....	32
7.1.3	Trajexian ohjelmaversio .....	32
7.2	Turvapiirit.....	32
7.3	Lämpötilamittaukset.....	33
7.3.1	Mittauslaite .....	33
7.3.2	Lämpötilalähetin.....	34
7.3.3	Ylivirtarele.....	35
7.3.4	Lämmittimen virranmittaus .....	36
7.4	Automaatiojärjestelmän I/O-laitteet .....	36
7.4.1	Lähtöjen todentaminen .....	37
7.4.2	Tulojen todentaminen .....	37
7.5	Muut mittaukset.....	37
7.5.1	Tuotetankki ja vetyperoksiditankki .....	38
7.5.2	Pesukeskus.....	38
7.5.3	Saumauslevyn lämmitysvesisäiliö ja pesukierron poistovesisäiliö .....	38
7.5.4	Ilmanpainemittaus .....	38
8	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	40
	LÄHTEET .....	41
Liite 1	Täyttökoneen väylärakenne	
Liite 2	Käyttöönottotarkastus pöytäkirja	
Liite 3	Käyttöönottomittausten ja todennusten kaavio	
Liite 4	Kaapelien pituuksien vertailutaulukko	

## 1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena oli saattaa Lamican Oy:n aseptisen nestepakkauslinjan käyttöönottomittaukset ja toiminnalliset testit mahdollisimman selkeäksi työtehtäväksi.

Koneen kehittyessä ja muuttuessa on tämän työvaiheen ohjeistus ja päivittäminen jäänyt toteutumatta. Työvaihetta suoritettaessa on huomattu sen vievän aikaa suhteettoman kauan. On myös myöhempien testien aikana huomattu koneessa olevan epäkohtia, jotka järjestelmällisen testauksen toimiessa olisi pitänyt jo toiminnallisten testien aikana huomata. Koska koneen käyttöönottotestausten ensimmäinen vaihe on käyttöönottomittaukset, viiveet työvaiheen suorittamisessa myös viivästyttävät muita koneen tulevia testaustapahtumia.

### 1.1 Toimeksiantaja

Toimeksiantaja Lamican Oy on nestepakkausmateriaalien sekä nestepakauskonelinjojen valmistaja Valkeakoskella. Tämä opinnäytetyö keskittyy aseptisen nestepakkauslinjan koneenrakennuksen käyttöönottotehtäviin ”koneyksiköiden sähköjärjestelmien käyttöönottomittaukset” sekä ”koneyksiköiden I/O-testaus”

Yhtiön on alkuaan perustanut Yhtyneet Paperitehtaat Oy 80-luvun alkuvuosina nimellä Walki Can. Kun Yhtyneet Paperitehtaan Oy muutti nimeään UPM Oy:ksi, Walki Can oli yhä edelleen osana yritystä.

Alkuvuosina Walki Can teki yhteistyötä saksalaisen Hörauf GmbH:n kanssa. Ensimmäinen aseptinen nestepakkauslinja Valkeakoskella valmistui vuonna 1995. Vuonna 2000 UPM myi Walki Canin liiketoiminnan ja samalla nimeksi muuttui Lamican Oy. 2000-luvulla yhtiön omistajaksi lopulta tuli aasialainen paperitoimialan suuryritys Asian Paper and Pulping, APP.

Tällä hetkellä emoyhtiöllä on materiaalityöntoimintaa ja koneenrakennusta sekä Kiinassa että Suomessa Valkeakoskella. Suomessa yritys työllistää tällä hetkellä noin 60 henkilöä.

Suomessa Valkeakoskella toiminnot jakautuvat kolmeen osa-alueeseen. Materiaalityöntoiminnassa valmistetaan pakkausmateriaaleja yhtiön oman pakkauskonelinjan sekä muiden pakkauskonelinjavalmistajien tarpeisiin. Suunnittelu- ja kehitystoiminnoissa pakkauskonelinjaan kehitetään parannuksia koneenrakennuksen ja automaation tarpeisiin sekä suunnitellaan uusia kehittyneempiä pakkauskonelinjoja. Koneenrakennusyksikössä valmistetaan asiakkaille toimitettavat pakkauskonelinjat.

## 1.2 Käyttöönottomittaukset

Koneiden valmistajien, jotka markkinoivat tuotteitaan EY:n alueelle, on laadittava koneeseen konedirektiivin 2006/42/EY mukaan vaatimusten mukaisuusvakuutus sekä liittää koneeseen CE-merkintä. Osana tätä prosessia on rakennettavalle koneelle tehtävä käyttöönottomittaukset, jotka määrittävät koneturvallisuuden standardissa SFS-EN 60204-1: 2006. Näillä mittauksilla varmennetaan, että koneen jännitelaitteistot eivät aiheuta koneen käyttäjille vikatapauksissa vaaraa vahingoittua. Standardi SFS-EN 60204-1: 2006 määrittelee myös koneen sähkölaitteistoon liittyvät dokumentit, jotka liittyvät koneen asennukseen, huoltoon sekä korjaukseen.

Koska aseptinen nestepakkauslinja sisältää runsaasti nykyaikaisen automaation vaatimia pienoislaitteita, tarvitaan yksityiskohtainen ohjeistus ja suunnitelma siitä, kuinka käyttöönottomittaukset suoritetaan rikkomatta komponentteja. Yleisimmin nämä komponentit on irrotettava johdotuksistaan riittävässä määrin. On myös tutkittava, voidaanko käyttöönottomittauksia tehdä jo aikaisemmassa vaiheessa ennen käyttöönottoaihetta jolloin irrotettavia kohteita olisi vähemmän.

Käyttöönottomittauksia tekevän henkilöstön ammattitaitovaatimukset ja turvalliset työmenetelmät määrittävät sähköturvallisuusstandardissa SFS 6002.

## 1.3 Toiminnalliset testit

Ennen koneen valmistumisprosessissa määriteltyjen testiajojen suoritusta on koneen ohjauksen ja toimilaitteiden toimivuus todennettava. Järjestelmät testataan sovellusohjelmasta toimilaitteelle asti.

Ensimmäiset toiminnalliset testaukset tehdään koneen käytön turvallisuuden liittyviin kohteisiin. Näin varmistetaan, että koneen turvatoiminnot toimivat jo tämän testausvaiheen edetessä.

Toiminnallisiin testeihin kuulu myös I/O-testaus, jossa ohjauksien ja indikointien oikea toimivuus kytkentöjen kautta todennetaan. Tämän testin aikana myös toimilaitteiden antureiden asemoinnit tarkistetaan toimilaitteiden liikerajojen mukaiseksi.



## 2 ASEPTINEN NESTEPAKKAUSLINJA

Aseptinen nestepakkauslinja (kuva 1) koostuu kahdesta pääosasta, tölkinmuodostusyksiköstä ja täyttöyksiköstä. Aseptinen nestepakkauslinja valmistaa yksittäispakattuja aseptisia nestepakkauksia kuluttajille.



Kuva 1. Aseptinen nestepakkauslinja (Lamican Oy)

Aseptisen nestepakkauslinjan tuotantokapasiteetti on noin 6 000 tölkkiä tunnissa. Linja tarvitsee toimiakseen kolmivaihesähköä 230/400 VAC  $\pm 5\%$ , 50 Hz:n taajuudella, linjan kokonaissähkönkulutus on 110 kW. Paineilmaa kone tarvitsee toimiakseen vähintään seitsemän baarin paineella, puhdasta juomakelpoista vettä 3–5 baarin paineella sekä kuumaa vesihöyryä 4–16 baarin paineella.

Aseptisuus pakkaustapahtumassa toteutetaan koneen sisäänsyöttöilman suodattamisella HEPA-suotimen läpi. Lisäksi käytetään vetyperoksidihöyryä täyttöön menevän purkin sterilointiin ennen pakkaustapahtumaa.

Nestepakkauslinjan käyttämät materiaalit valmistetaan rulliksi yhtiön eri yksikössä. Tölkin kansi, pohja sekä itse tölkin runkoraina valmistetaan omiksi materiaalarullikseen. Materiaali koostuu pääasiassa pahvista, polymeeristä ja alumiinista. Materiaalin pintaan myös printataan asiakkaan haluat kuviot ja tekstit. Valmis nestepakkauslinjan lopputuote eli nestepakkaustölkki on kuvattu kuvassa 2.



Kuva 2. Nestepakkaustölkki (Lamican Oy)

## 2.1 Tölkinmuodostusyksikkö

Tölkinmuodostusyksikkö sijaitsee nestepakkauslinjan alkupäässä. Tölkinmuodostusyksikössä tapahtuvat nestepakkauslinjan ensimmäiset toimivaiheet.

Tölkinmuodostusyksikössä tölkki muodostetaan niin, että siinä on tölkin runko ja kansi. Tölkki on tölkinmuodostusyksiköstä lähtiessään valmiin tölkin muotoinen, mutta pohjastaan avoin. Tölkinmuodostusyksikkö ei ole aseptinen tila, eikä valmistunut tölkki ole vielä tässä vaiheessa steriili. (Leppänen 2009.)

Tölkinmuodostusyksikön keskeinen osa on tuurnapöytä. Tuurnapöytä on pyörivä pöytä, johon on tasajaolla istutettu kymmenen tuurnaa. Tuurnapöytä tekee liikkeensä säännöllisin askelin. Tuurnapöydän pyörittämiseen käytetään servomootoria. (Leppänen 2009.)

Yhteiskäyttö on tuurnapöydän päällä olevien lämmittimien, taittorenkaiden ja saumainten nostin. Yhteiskäyttö liikkuu ylös ja alas servomootorin voimin. Yhteiskäytön ollessa ala-asennossa työkalut tekevät työliikkeensä. Yhteiskäyttö liikkuu tuurnapöydän kanssa synkronisesti ja tekee työliikkeensä vain tuurnapöydän ollessa oikeassa asemassa ja liikkumatta. (Leppänen 2009.)

Tölkin runko muodostuu jo aiemmin kuvatusta runkorainasta. Runkoraina aukirullataan taajuusmuuttajaohjatulla sähkömootorilla, joka pyörittää vetonippiä. Aukirullattua rainaa siirretään askeltavalla servomootorilla leikkurille, joka leikkaa rainasta arkkeja, joista yksittäiset tölkit muodostetaan. (Leppänen 2009.)

Siirtäjälevyksi nimitetään levyä joka tekee edestakaista liikettä servomootorin voimin. Siirtäjälevy siirtää runkorainasta leikatut arkit tuurnapöydän tuurnalle, minkä jälkeen käärintätikku pyöryttää arkin tuurnan ympärille. Käärintätikkua liikutetaan askelkäyttöisellä servomootorilla. Arkit pysy-

vät siirtäjälevyllä ja tuurnan ympärillä alipaineen avulla. Tölkinmuodostusyksikössä on oma alipaineen muodostava alipainepumppu. (Leppänen 2009.)

Tölkinmuodostusyksikössä tölkkiin tehdään myös kansi. Myös kansimateriaali aukirullataan taajuusmuuttajaohjatulla sähkömoottorilla, joka pyörittää vetonippiä. Kansimateriaalin tarkempi siirto kansia muodostavalle stanssille tapahtuu servomoottorilla. Stanssi on paineilmasylintereistä sekä leikkausteristä koottu leikkuri ja syvävetoyksikkö. (Leppänen 2009.)

Tölkin rungonmuodostuksessa tapahtuvat saumat tehdään kuuma-saumauksina. Kuumasaumauksessa lämmön, iskun ja saumattavan materiaalin ominaisuudet muodostavat pitävän sauman. Tölkinmuodostusyksikössä tehdään tölkkiin kaksi saumaa, runkorainan pystysauma sekä purkin rungon ja kannen välinen sauma. (Leppänen 2009.)

Valmistuksessa oleva arkki käy tuurnapöydällä ollessaan läpi yhteensä 10 eri työvaihetta. Tuurnapöydän viimeisessä asemassa purkki ammutaan paineilman avulla putkipostiin, joka ohjaa tölkin pakkauslinjan toiseen osaan eli täyttöyksikköön. Täyttöyksikössä on kuusi rinnakkaista linjaa. Täyttöyksikön alkupäässä on tölkkimakasiini, johon varastoidaan tölkinmuodostuksesta saapuneita tölkkejä. Putkiposti ampuu tölkkejä kaikkiin kuuteen makasiinin lokeroon. Putkipostin yläpään liike tapahtuu servomoottori-planeettavaihte yhdistelmällä. (Leppänen 2009.)

### 2.1.1 Sähkökaappi

Tölkinmuodostusyksikön sähkökaappi on Rittalin valmistama, mitoiltaan 2000 x 1200 x 500 mm standardikokoinen RST-kaappi. Sähkökaappi tulee Lamican Oy:lle valmiiksi koottuna ja sisäiset johdotukset tehtynä alihankkijalta. Konelinjaston kehittyessä tarvittavat muutostyöt sähkökaappeihin tehdään yhtiön oman sähkö- ja automaatioasennushenkilöstön toimesta. (Leppänen 2009.)

### 2.1.2 Kenttäkotelot

Kenttäkotelaita tölkinmuodostusyksikössä on kaksi, joihin on sijoitettu lähinnä lämmittimien ohjauksiin käytettäviä puolijohdereleitä ja riviliittimiä logiikan tulojen ja lähtöjen hajautukseen. Tekstissä kenttäkotelosta käytetään nimitystä yläkotelo. Yläkoteloiden koonti ja varustus on suoritettu yhtiön omana työnä. (Leppänen 2009.)

## 2.2 Täyttöyksikkö

Täyttöyksikkö on nestepakkauslinjan toinen osuus. Täyttöyksikkö on huomattavasti monimutkaisempi kokonaisuus kuin tölkinmuodostusyksikkö. Tämä johtuu suurimmalta osin siitä, että täyttöyksikkö on sisältään aseptinen tila. Sana aseptinen tarkoittaa bakteereille elinkelvotonta tilaa. Tämä asettaa tarkat määritelmät koneen puhtaudelle. (Leppänen 2009.)

Täyttöyksikön ensimmäiset toiminnot tapahtuvat tölkkimakasiinissa, jonne tölkinmuodostusyksikössä valmistetut tölkit varastoidaan. Makasiinista tölkit syötetään täyttöyksikön lamelliketjuun. Lamelliketjussa on kuusi rinnakkaista rataa tölkeille. Lamelliketjulla valmistuksessa olevat tölkit liikkuvat läpi täyttöyksikön, kunnes ovat valmiita ja poistuvat koneesta ulostulokuljetinta pitkin. Lamelliketjun siirto tapahtuu servomoottorin avulla. Liikkuessaan lamelliketjulla tölkki käy läpi 28 asemapaikkaa, joissa tölkin lopullinen valmistuminen tapahtuu. Lamelliketjun liikkuminen ja paikoitus on erittäin tärkeää tölkin lopullisen laadun kannalta. Siksi lamelliketjun servon oman pulssianturin lisäksi liikkeitä tarkkailee erillinen absoluuttianturi. (Leppänen 2009.)

Kun valmistuksessa olevat tölkit on syötetty lamelliketjulle, ne siirtyvät askeleittain ketjua pitkin läpi valmistuslinjan. Ensimmäisissä asemissa tölkit steriloidaan kuuman vetyperoksidihöyryn avulla. Steriloinnilla tapetaan purkeissa olevat bakteerit ja estetään niiden lisääntyminen. Tämän steriloinnin avulla valmiiden tuotteiden säilyvyys paranee ja niitä voidaan varastoida lämpimissäkin tiloissa. Valmiin steriilisti pakatun tuotteen säilyvyysaika voi olla jopa 6 kuukautta huoneenlämmössä säilytettynä. Seuraavissa asemissa varmistetaan, ettei tölkkeihin jää vetyperoksidijäämiä puhaltamalla niihin kuumaa steriiliä ilmaa. (Leppänen 2009.)

Steriiliä ilmaa koneeseen saadaan koneen mukana toimitettavasta niin sanotusta HEPA-puhaltimesta (kuva 3). HEPA-puhallin on koneesta erillään oleva puhallin, jonka käyntinopeutta säädetään taajuusmuuttajan avulla. HEPA-puhaltimen ja täyttöyksikön välisessä linjassa on HEPA-suodattimia, jotka poistavat ilmasta epäpuhtaudet. Suodattimien puhtautta valvotaan paine-eromittauksin. HEPA-puhaltimen avulla täyttökoneen sisällä ylläpidetään ylipainetta, jolloin ulkoilmaa ei pääse täyttöyksikön sisään tuotannon aikana. (Leppänen 2009.)



Kuva 3. HEPA-puhallin (Lamican Oy)

Kun tölkit on steriloitu, tapahtuu tölkkien täyttö nesteellä. Tölkit täytetään annostelusuuttimien avulla, joiden aukeamista ohjataan paineilmasylinterillä. Annostelusuuttimien täyttöaikaa ohjaavat sähkömagneettisella mitausperiaatteella toimivat virtausmittarit. Virtausmittareiden avulla tölkkien täytöstä saadaan reaaliaikaista tietoa. Jos täyttötapahtumassa ilmenee jotain virheitä, saadaan siitä linjan käyttäjälle hälytys. Suuttimien mallin ja sylinterin liikematkan mukaan voidaan purkkeihin pakata myös korkeampi viskositeetistä nestettä, kuten esimerkiksi jogurttia. Pakattava neste valuu koneen yläosassa olevasta tuotetankista hydrostaattisen paineen avulla annostelijoille. Tuotetankissa on pinnankorkeuden valvonta, jonka avulla tuotetankin pinta pidetään aina tiettyjen rajojen sisällä. Näin ollen myös paine, jolla tuote siirtyy annostelijoille, on lähestulkoon vakio. (Leppänen 2009.)

Seuraavana työvaiheena tölkkiin tehdään pohja. Pohjamateriaali aukirullaan taajuusmuuttajakäyttöisellä sähkömoottorilla, joka pyörittää pohjamateriaalin vetonippiä. Pohjamateriaali steriloidaan kahdella eri menetelmällä. Ensin pohjaraina menee ultraviolettilähteen kautta, jolla materiaali steriloidaan heti koneeseen syötettäessä. Toinen sterilointi tapahtuu valmiille pohja-aihiolle steriilipyörällä, jossa sterilointi tapahtuu kuuman vetyperoksidihöyryn avulla. Näin estetään myös sitä kautta bakteerien pääsy tuotteeseen. (Leppänen 2009.)

Aukirullauksen jälkeen pohjamateriaalia siirretään askeleittain stansseille servomoottorin avulla. Pohjamateriaalista pohjia leikkaa kuusi identtistä stanssia. Leikkauksen jälkeen valmiit pohjat siirretään servo-ohjatulla kääntövarrella steriilipyörälle. Steriilipyörä on akseli, johon on kiinnitetty muovisia tatteja kuusi rinnakkain. Tatteja on myös säteittäisesti kuusi kappaletta, eli yhteensä steriilipyörällä on tatteja 36 kappaletta. Steriilipyörä askeltaa asemassaan servon voimin. (Leppänen 2009.)

Lamelliketjulla olevat tölkit nostetaan nostopalkin avulla ylös ketjulta noutamaan pohjat steriilipyörältä. Nostopalkki liikkuu askeleittain servomoottorin avulla. Nostopalkissa on niin sanotut gripperit, jotka tarttuvat kiinni tölkkeihin niitä vedettäessä alas pohjannoudosta. Gripperit toimivat paineilmasylinterien voimin. (Leppänen 2009.)

Myös seuraavassa työvaiheessa eli tölkin rungon ja pohjan välisessä saumauksessa nostopalkki nostaa purkkeja lamelliketjulta ylös saumausasemalle. Tämä saumausta tapahtuu myös kuumasaumauksena. Saumausasemassa on saumausyksiköitä kahdessa rivissä. Tällä varmistetaan, että tölkin pohja tulee saumattua joka kohdasta. (Leppänen 2009.)

Varsinaisen pohjan ja rungon välisen saumauksen jälkeen tapahtuu vielä tölkin reunan taitto ja jälkisaumaus. Tätä jälkisaumausasemaa liikutetaan myös servomoottorilla. Jälkisaumaus ja reunan taitto ovat lähinnä tölkin ulkonäköön vaikuttavia seikkoja. Tämän jälkeen vielä mitataan pohjan suoruus tölkkiin nähden laseretäisyysmittareilla. Linjan viimeisessä asemassa ulostyöntösylinteri työntää valmiit tölkit ulostulokuljettimelle, jota pitkin tölkit poistuvat linjasta. (Leppänen 2009.)

### 2.2.1 Aseptiikka ja pesukeskus

Nestepakkauslinjan katolla sijaitsevasta osiosta käytetään nimitystä aseptiikka. Aseptiikassa on nestepakkauslinjan pesuun ja sterilointiin liittyvät toimilaitteet ja suodattimet. Linjan pesuun käytetään emäs- ja happopesuja. Nämä pesuaineet sekoitetaan veteen erillisessä pesukeskuksessa. Pesu tapahtuu niin sanottuna kiertopesuna. Pesukeskuksessa ja nestepakkauslinjassa olevat pumpput kierrättävät pesukeskuksessa valmistettua pesuvettä koneen ja pesukeskuksen välillä pesusekvenssin ajan. Pesukeskuksen kaikkia toimintoja voidaan seurata täyttöyksikön ohjauspaneelistä. Myös pesukeskuksen käsiohjaus voidaan tehdä samasta ohjauspaneelistä. Paineilma ja sähkönsyöttö tulevat myös täyttöyksiköstä. Veden lämmittämiseen käytettävä vesihöyry voidaan sen sijaan tuoda pesukeskukseen mistä tahansa. (Leppänen 2009.)

Kuten tekstissä jo aiemmin mainittiin, tapahtuu linjan sterilointi vesihöyryn ja vetyperoksidin avulla. Linjan pesun jälkeen tehtävällä steriloinnilla puhdistetaan kaikki putkilinjat. Steriloinnin jälkeen koneen steriiliys varmistetaan pitämällä linja tuotannon aikana hieman ylipaineisena koneen ilmanvaihtolaitteiden avulla. Näin varmistetaan, ettei linjan sisään pääse epäpuhtauksia ulkoilmastakaan. Linjan pesu ja sterilointi pitää tehdä aina säännöllisin väliajoin, jotta aseptisuus on taattu. (Leppänen 2009.)

### 2.2.2 Sähkökaappi ja kenttäkotelot

Täyttöyksikössä on myös Rittalin valmistama sähkökaappi. Kaappi on samanlainen kuin tölkinmuodostusyksikössä. Kenttäkotelaita täyttöyksikössä on kuusi, ja ne ovat kaikki samanlaisia kuin tölkinmuodostusyksikön vastaavat. Lisäksi täyttökoneen aseptiikassa ja pesukeskuksessa sijaitsevat pienet ohjauskeskukset. Näissä kenttäkoteloloissa ja ohjauskaapeissa sijaitsee tällä hetkellä pääasiassa hajautettuja I/O-kortteja, riviliittämiä, puolijohdereleitä sekä turvareleitä. (Leppänen 2009.)

### 3 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN KUVAUS

Automaatiojärjestelmä jakaantuu aseptisessä nestepakkauslinjassa kahteen osaan, niin kuin koko linja muutenkin. Tölkinmuodostusyksikössä ja täyttöyksikössä on kummassakin oma ohjelmoitava logiikkansa. Logiikat ovat yhteydessä toisiinsa, mutta toimivat kuitenkin omina yksikköinä. Perusrakenne on molemmissa yksiköissä sama. Suurin ero järjestelmien välillä on se, että täyttöyksikössä I/O-pisteitä on hajautettu väylään. Tölkinmuodostusyksikössä I/O-pisteet on kytketty enimmäkseen Trajexia-liikkeenohjausyksikköön.

Nestepakkauslinjan automaatiojärjestelmä rakentuu Omronin CJ1-sarjan modulaarisen logiikkasarjan ympärille. Järjestelmän koko sovellussuunnittelu tapahtuu Omronin CX-One-ohjelmiston avulla.

#### 3.1 Tölkinmuodostusyksikkö

Tässä luvussa käydään läpi tölkinmuodostusyksikön automaatiojärjestelmä. Teksti on jaettu järjestelmän eri osien mukaisiin osioihin: ohjelmoitava logiikka, moottorikäytöt, ohjauspaneeli ja käyttökytkimet, I/O-kortit, turvapiiri, paineilmatermiinit, lämmityspiirit ja anturit.

##### 3.1.1 Ohjelmoitava logiikka

Tölkinmuodostusyksikön automaatiojärjestelmä on rakennettu Omronin CJ1G-CPU43P-logiikan ympärille. Purkinmuodostusyksikön logiikan keskusyksikköön on liitetty analogisia ja digitaalisia I/O-yksiköitä sekä ethernet-kommunikointiyksikkö. Ethernet-yksikön avulla logiikka saadaan liitettyä ethernet-kytkimen avulla lähiverkkoon, jolloin tiedonsiirto laitteiden välillä on helpompaa. (Leppänen 2009.)

Toinen järjestelmän ydin on Omronin liikkeenohjausyksikkö Trajexia. Trajexian tehtävä yleensä on ohjata ja valvoa servomoottoreita ja taajuusmuuttajia. Trajexiaan saadaan myös liitettyä digitaalisia I/O-pisteitä laajennusyksikön avulla. Esimerkiksi servojen liikettä ohjaavat rajat voidaan kytkeä Trajexiaan logiikan sijasta, jolloin tiedonsiirtoviiveet vähenevät. Trajexian ja moottoreiden sekä I/O-yksikön välinen yhteys on toteutettu Mechatrolink-väylällä. Liikkeenohjausyksikkö Trajexiassa on myös Ethernet-liitäntä, jonka avulla se on yhteydessä muun muassa logiikkaan. Tölkinmuodostusyksikössä on poikkeuksellisesti kuitenkin käytetty liikkeenohjausyksikkö Trajexiaa lähes koko yksikön liikkeiden ohjaamiseen. Ohjelman runko on siis rakennettu Trajexiaan ja ohjelmoitavaa logiikkaa käytetään vain apuyksikkönä. Trajexiaa ei varsinaisesti ole tarkoitettu tämänkaltaiseen tehtävään, joten esimerkiksi ohjelman monitorointi ei ole niin helppoa kuin logiikan kanssa. (Leppänen 2009.)

##### 3.1.2 Moottorikäytöt

Tölkinmuodostusyksikön servomoottoreiden ohjausyksiköt ja sähkömoottoreiden taajuusmuuttajat on kytketty logiikkaan ja Trajexiaan Mechatro-



link-väylän avulla. Oikosulkumoottoreiden taajuusmuuttajat on kytketty DeviceNet-väylään. Pumppuja ja puhaltimia, jotka pyörivät vakionopeudella, ohjataan moottorinsuojakytkimin varustetuilla kontaktorilähdöillä. (Leppänen 2009.)

### 3.1.3 Ohjauspaneeli ja käyttökytkimet

Tölkinmuodostusyksikköä operoidaan Omronin 12-tuumaiselta TFT-kosketusnäytöltä. Näytön lisäksi tärkeimpiä koneen toimintoja ohjataan perinteisiä painonappeja ja kääntökytkimiä käyttämällä. Näyttö ja painikkeet sijaitsevat tölkinmuodostusyksikön sähkökaapin ovelle. Lisäksi tölkinmuodostusyksikössä on kolme pienempää ohjauskoteloja, joista voidaan erikoistilanteissa ajaa käsiajolla tiettyjä toimintoja. Nämä ohjauskotelot sisältävät vain painonappeja ja kääntökytkimiä. Lisäksi hätä-seis-nappeja löytyy myös koneen eri puolilta. (Leppänen 2009.)

### 3.1.4 I/O-kortit

Tölkinmuodostusyksikön I/O:t on hajautettu varsin perinteisellä tavalla. Käytössä on edellä mainittuja logiikan ja Trajexian I/O-hajautusyksiköjä, jotka on sähkökaapista johdotettu moninapaisella kaapelilla kenttäkoteloiden riviliitinryhmille. Näille riviliittimille tulee kentältä anturitietoja, ja niiltä lähetetään ohjaustietoja kentälle. Suurin osa anturitiedoista tulee riviliittimille kentän I/O-päätteiden kautta. Käytössä on Feston anturiterminaleja, joihin saa liitettyä 12 binaarista anturituloa. Näiltä yksiköiltä lähtee moninapainen kaapeli kenttäkotelon riviliittimille. Tällä tavalla kaikkia antureita ei ole tarvinnut yksitellen johdottaa kenttäkotelolle asti. (Leppänen 2009.)

### 3.1.5 Turvapiiri

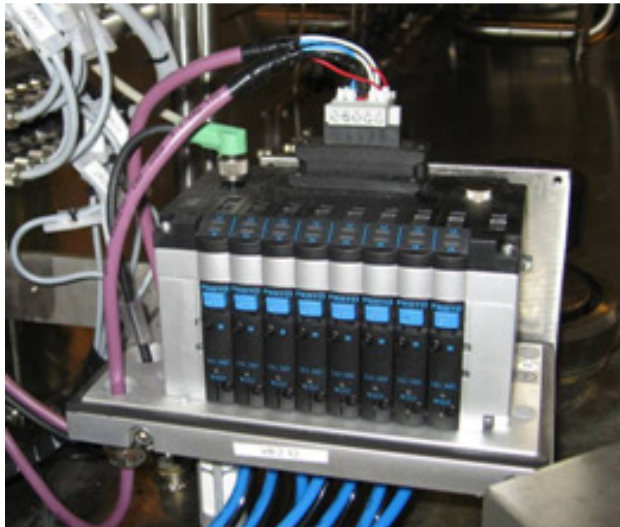
Tölkinmuodostusyksikön turvapiiri on toteutettu Omronin turvareleiden avulla. Turvapiiri muodostuu kahdesta piiristä. Toinen piiri on hätä-seis-piiri. Hätä-seis-piiri on kytketty täyttökoneen kanssa yhtenäiseksi kokonaisuudeksi jolloin molemmat yksiköt, tölkinmuodostusyksikkö sekä täyttöyksikkö pysähtyvät välittömästi, kun mitä tahansa hätä-seis-nappia painetaan. Hätä-seis-piirin kuittaus tapahtuu tölkinmuodostusyksikön ohjain-  
taulusta ovipiirin kuittauspainikkeesta. Toinen piiri koostuu ovien turvarajoista ja lukoista. Näillä lukittavilla ovilla varmistetaan, ettei koneen käytössä kukaan pääse lähelle koneen liikkuvia osia. (Leppänen 2009.)

### 3.1.6 Paineilma-terminaalit

Suurinta osaa tölkinmuodostusyksikön paineilmalaitteista ohjataan Festo-venttiiliterminaalien avulla. Venttiiliterminaalien kautta voidaan ohjata jopa 16 erillistä paineilmalaitetta. Venttiiliterminaalille tuodaan yksi tai useampia paineilmasyöttöjä käyttötarkoituksen mukaan. Sähköliitäntä tapahtuu tässä tapauksessa moninapaisella kaapelilla, josta saadaan syöttö- ja ohjausjännitteet. Nämä venttiiliterminaalien kaapelit johdotetaan kenttäko-



teloihin, joista löytyvät hajautetut I/O-pisteet. Täyttöyksikössä on käytössä myös venttiiliterminaleja joita ohjataan väylän avulla (kuva 4). (Leppänen 2009.)



Kuva 4. Väyläohjattu venttiiliterminaali (Lamican Oy)

### 3.1.7 Lämmityspiirit

Lämmittimiä tölkinmuodostusyksikössä on viisi kappaletta. Ne ovat kaikki keskenään samanlaisia. Kaikkien lämmittimien läpi puhalletaan paineilmaa, jonka avulla lämpö johdetaan lämmitettävään kohteeseen. Lämmittimistä mitataan sekä lämpövastuksen lämpötilaa että lämmittimen läpivirtaavan ilman lämpötilaa. Tämän ilman lämpötilan mukaan säädetään lämmittimen tehoa. Vastuksien lämpötilaa mitataan vastuksien ylikuumenemisen ehkäisemiseksi. Lämpötiloja mitataan K-tyypin termoelementtiantureilla, joiden tietoja tulkitsevat Nokeval lämpötilalähettimet. Lämpötilalähettimiltä signaalit on johdotettu logiikan analogiakorteille 4–20 mA:n virtaviestinä. Lämmittimien sähkönsyöttö tapahtuu puolijohdereleiden kautta, joita pulssittamalla lämmittimien tehoa säädetään. Puolijohdereleiden pulsseja säätävät PID-säätimet. (Leppänen 2009.)

### 3.1.8 Anturit

Tölkinmuodostusyksikössä käytetään liikkeiden ja materiaalien seurantaan optisia, induktiivisia ja kapasitiivisia antureita. Optisia ja kapasitiivisia antureita käytetään materiaalien seurantaan ja sitä kautta tapahtuvaan ohjaukseen. Induktiivisia antureita käytetään lähinnä sylinterien, ja servomoottorien paikkatietojen tarkkailuun ja ohjaukseen. Kaikilla sylintereillä on rajat tarkkailemassa sylinterin molempia työliikkeen asentoja. Lisäksi kaikilla servoilla on neljä anturia tarkkailemassa servojen liikkeitä. Näistä kaksi tarkkailee servojen työliikkeiden asentoja. Normaalitilanteessa servo siis liikkuu aina rajalta toiselle. Kaksi muuta rajaa, P-OT ja N-OT, tarkkailevat, jos servo liikkuu näistä työrajoista yli, ja pysäyttää servon liikkeen, jos näin tapahtuu. (Leppänen 2009.)

### 3.2 Täyttöyksikkö

Seuraavissa luvuissa kuvataan täyttöyksikön automaatiojärjestelmän toimintaa. Teksti on jaettu järjestelmän eri osien mukaisiksi otsikoiksi. Liitteenä 1 on täyttöyksikön automaatiojärjestelmän väylärakenteen kaaviokuva.

#### 3.2.1 Ohjelmoitava logiikka

Täyttöyksikön logiikkana toimii Omronin CJ1G-CPU45P. Täyttöyksikön logiikkaan on liitetty laajennusyksiköinä digitaalisia ja analogisia I/O-kortteja, ethernet-yksikkö sekä kaksi DeviceNet-väyläyksikköä. Ethernet-yksikön avulla logiikka on yhteydessä Trajexiaan, ohjauspaneeliin ja tölkinmuodostusyksikön logiikkaan. Trajexian tehtävä täyttöyksikössä on ohjata servomoottoreita ja joitakin taajuusmuuttajakäyttöisiä moottoreita. Trajexia kommunikoi näiden kanssa Mechatrolink-väylän kautta. Trajexiaan on kytketty myös sen ohjaamien lamellikuljettimen ja steriilipyörän servomoottoreiden paikoituksessa käytettävät anturitiedot sekä jälkisaumasaseman servomoottorin jarru. (Leppänen 2009.)

#### 3.2.2 Moottorikäytöt

Täyttöyksikön servomoottorien ohjausyksiköt on liitetty logiikkaan ja liikkeenohjausyksikkö Trajexiaan Mechatrolink-väylän avulla. Oikosulkumoottoreiden taajuusmuuttajat on kytketty DeviceNet-väylään. Joitain vakionopeudella pyöriviä moottoreita ohjataan myös vain moottorisuojakatkaisijoilla varustetuilla kontaktorilähdöillä. (Leppänen 2009.)

#### 3.2.3 Ohjauspaneeli ja käyttökytkimet

Täyttöyksikköä operoidaan samanlaiselta 12-tuumaiselta TFT-kosketusnäytöltä kuin tölkinmuodostusyksikköä. Myös tässä tapauksessa näytön ympärillä on perinteisiä painonappeja ja kääntökytkimiä, joilla kontrolloidaan linjan tärkeimpiä tapahtumia. Pohjarainan liikuttamista varten täyttöyksikössä on myös erillinen pieni ohjauskotelo. (Leppänen 2009.)

#### 3.2.4 Analogiset mittaukset

Analogisia mittaustietoja linjasta tulee muun muassa ilmanpainemittauksista, pinnankorkeudenmittauksista, lämpötilanmittauksista, virranmittauksista ja etäisyysmittauksista. Nämä tiedot kytketään logiikan analogisille tulokorteille. Lämpötilanmittauksista suurin osa kytketään kuitenkin hajautetuille väyläkorteille, mutta joitakin myös logiikan analogisille tulokorteille, samaan tapaan kuin tölkinmuodostuskoneessa. (Leppänen 2009.)

### 3.2.5 Binäärilähdöt ja binääritulot

Binäärituloista ja binäärilähdöistä osa kytketään suoraan sähkökaappiin, logiikan I/O-hajautuskorteille. Suurin osa tuloista ja lähdöistä on johdotettu kuitenkin kenttäkoteloiden väyläkorteille. Myös useimmat täyttöyksikössä olevat paineilmaohjauksiin käytettävät venttiiliterminaalit saavat ohjauskäskynsä väylän kautta. Kahden venttiiliterminaalin ohjaus on kytketty perinteisesti johdottaen I/O-kortille. (Leppänen 2009.)

### 3.2.6 Turvapiiri

Turvapiiri on täyttöyksikössä rakenteeltaan samanlainen kuin tölkinmuodostusyksikössä. Turvapiiri koostuu kolmesta turvareleestä. Yksi turvarele toimii hätä-seis-piirinä. Hätä-seis-piiri on kytketty tölkinmuodostuskoneen kanssa yhtenäiseksi kokonaisuudeksi, jolloin molemmat yksiköt, tölkinmuodostusyksikkö sekä täyttöyksikkö pysähtyvät välittömästi, kun mitä tahansa hätä-seis-nappia painetaan. Hätä-seis-piirin kuittaus suoritetaan kuitenkin aina tölkinmuodostusyksikön ohjaustaulusta hätä-seis-piirin kuittauspainikkeesta. Kaksi muuta turvarelettä tarkkailee ovipiirien tilaa. Täyttöyksikössä on linjan molemmilla puolilla oma ovipiirinsä. (Leppänen 2009.)

Henkilöturvallisuuden varmistamiseksi koneenrakennusstandardien mukaisesti on täyttöyksikön ovipiirien avulla myös varmistettu kolmen eri kohdan paineilman poistot toimilaitteilta, jos kyseisen kohteen ovet avataan. Nämä kohteet ja niitä vastaavat ovet ovat sisäänsyöttöalue, saumausalue sekä tölkinpoistoalue. Paineilman poistotoiminnot kuitataan ovien sulkemisen jälkeen täyttöyksikön ohjaintaulussa olevasta ovien kuittauspainikkeesta.

### 3.2.7 Lämmityspiirit

Lämmityspiirejä on täyttölinjassa useita erilaisia. Yhteistä kaikille on, että niiden jännitteensyöttöä ohjataan puolijohdereleiden kautta. Kaikissa lämmityspiireissä on vähintään yksi lämpötilanmittaus, useimmissa enemmänkin. Tölkin pohjan saumaajien lämmityspiiri on monitahoisempi, sillä siinä käytetään useita komponentteja. Piiri koostuu puolijohdereleistä, lämpötilalähehtimistä, ylivirtareleistä ja virranmittausyksiköistä. (Leppänen 2009.)

Pohjan saumainten lämmityspiireissä käytössä olevia vastuksien virranmittauksia käytetään informoimaan linjan käyttäjiä pohjan saumainten lämmitysvastuksien rikkoutumisesta. Yksi pohjan saumain koostuu kolmesta lämmityslohkosta, joista yhteen lohkoon on asetettu lämpötilaa mittaava anturi. Jos rikkoutunut lämmitysvastus on pohjan saumaimen lämpötila-anturin lohossa, ei säädintä ohjaava lämpötila ole oikea ja kahden muun saman saumaimen lohkon lämpötila on mahdollista nousta yllälämpöiseksi. Tällöin virheellinen tilanne huomataan vain lämmitysvastusten virtamittauksen alivirtahälytyksenä. Tämä tilanne voi aiheuttaa saumaimen rikkoontumisen. Korjaavana toimenpiteenä tämä tilanne voitaisiin

ehkäistä ohjelmoimalla alivirtahälytys estämään kyseisen saumaajan lämmitysohjaus.

### 3.2.8 Anturit

Täyttöyksikön anturointien periaate on sama kuin tölkinmuodostusyksikössä. Induktiivisia antureita käytetään pääasiassa sylinterien ja servomoottoreiden paikoittamisessa. Useimpien venttiilien tilatietoja vahditaan mekaanisten mikrokytkimien avulla. Täyttöyksikön aseptiikassa ja pesukeskuksessa käytettävissä kolmitieventtiileissä on sisäänrakennetut induktiiviset asentotietoanturit. Kapasitiivisia antureita käytetään pinnankorkeuksien mittaamiseen. Osa näistä on analogisia ja osalta saadaan vain kytkintieto. Vetyperoksidin virtausta letkuissa valvotaan kapasitiivisilla antureilla, jotka on sijoitettu vetyperoksidiannostelijan annosputkeen sekä täytön ylivuotoputkeen. Tölkkeihin annosteltavan tuotteen nesteen määrää taas tarkkaillaan ja säädetään sähkömagneettiseen menetelmään perustuvilla virtausmittareilla. Vetyperoksidin virtausantureista sekä täytön virtausmittareista saadaan koneen ohjaintauluun virheilmoitus, jos tölkin sterilointi tai täyttö on virheellinen ja järjestelmä hylkää kyseiset tölkit hylkyportin avulla koneen ulostulokuljettimella. Optisia antureita käytetään myös vahtimaan koska purkkimakasiini on täynnä ja koska pohjamateriaalin raina on lopussa. Täyttöyksikössä on myös laseretäisyysmittareita, joilla mitataan onko valmiissa tölkissä tölkinpohja suorassa ja oikeassa kohtaa tölkkiä. Mittaustulos välitetään logiikan analogiakortille 0–10 V:n jänniteviestinä. (Leppänen 2009.)

## 4 MITTAUSTEN SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS

Standardin SFS-EN 60204-1 määrittelemät käyttöönottomittaukset sisältävät vaarallisen 230/400 VAC:n jännitteen mittauksia. Tästä syystä on huomioitava myös mittauksia suorittavan henkilöstön ammattitaitovaatimukset. Standardi SFS 6002 kohta 5.3 toiminnan tarkistukset, määrittelee mittaavan ja testaavan henkilöstön ammattipätevyysvaatimukset suorittamaan kyseistä työsuoritusta.

### 4.1 Ammattipätevyysstermit

Ammattipätevyyden suorittamaan mittaus- ja tarkastustehtäviä standardi SFS 6002 määrittelee seuraavin termein:

- ammattihenkilö
- opastettu henkilö
- maallikko.

Työn vaativuus on arvioitava ennen mittaustapahtumaa niin, että mittaustapahtumalle valitaan sopivat ammattihenkilöt tai opastetut henkilöt. Aseptisen nestepakkauslinjan käyttöönottomittauksia suorittavan henkilön ammattitaitoa arvioitaessa tulisi huomioida

- sähköalan perustiedot
- kokemus sähkötöistä
- tiedot ja kokemus tölkinmuodostusyksiköstä sekä täyttöyksiköstä, joissa mittaustehtävät suoritetaan
- käsitys vaaratilanteista, jotka mittaustehtävissä voi ilmetä
- kyky todeta kaikissa tilanteissa, onko mittaustehtävien jatkaminen turvallista.

Hyvänä ammattitaidon määrittelynä voidaan pitää aseptisen nestepakkauslinjan tuntemuksen lisäksi voimassa olevan sähkötyöturvallisuustutkinnon suorittamisen.

#### 4.1.1 Ammattihenkilö

Ammattihenkilö sähköalan töissä on henkilö, jolla on soveltuva koulutus ja kokemus, joiden perusteella hän kykenee arvioimaan riskit ja välttämään sähkön mahdollisesti aiheuttamat vaarat. (SFS-käsikirja 600:2007, 591.)

Tarkemmat määrittelyt riittävän ammattitaitoisen henkilön ammattitaidosta itsenäisesti oman alansa sähkö- ja käyttötöitä tekemään sekä valvomaan niitä, on määritelty KTM:n päätöksessä 5.7.1996/516 sähköalan töistä luvussa 3.

#### 4.1.2 Opastettu henkilö

Opastettu henkilö tekemään sähköalan töitä itsenäisesti on henkilö, jonka ammattihenkilöt ovat opastaneet siten, että hän kykenee välttämään sähkö aiheuttamat vaarat. (SFS-käsikirja 600:2007, 591.)

#### 4.1.3 Maallikko

Kaikki muut henkilöt ovat standardin SFS 6002 näkökulmasta sähköturvallisuuden mukaan maallikkoja. Toisin sanoen maallikko on henkilö, joka ei ole ammattihenkilö eikä opastettu. (SFS-käsikirja 600:2007, 591.)

#### 4.2 Mittaus

Standardissa SFS 6002, kohdan 5.3.1 mukaan mittaus on määritelty kaikiksi toimenpiteiksi, joilla mitataan sähkölaitteistoihin liittyviä fysikaalisia suureita.

Mittauksia saavat tehdä vain ammattihenkilöt tai opastetut henkilöt tai maallikot ammattihenkilön välittömästi ohjaamana ja valvomana.

Kun tehdään mittauksia sähkölaitteistossa, pitää käyttää sopivia ja turvallisia mittalaitteita. Mittalaitteet pitää tarkistaa ennen käyttöä ja tarvittaessa käytön jälkeen. (SFS-käsikirja 600:2007, 600.)

#### 4.3 Testaus

Standardin SFS 6002 kohdan 5.3.2 mukaisesti testaus sisältää kaikki toiminnot, joilla tarkistetaan sähkölaitteiston toimintaa tai sen sähköistä, mekaanista tai termistä kuntoa. Testaus myös sisältää toiminnot, joilla kokeillaan esimerkiksi sähköisten suoja- ja turvapiirien toimiminen. Jos testaus sisältää mittauksia, ne pitää tehdä kohdan 4.1 mukaisesti.

Testauksen tekijöiden pitää olla ammattihenkilöitä tai opastettuja henkilöitä. Maallikot saavat tehdä testauksia vain ammattihenkilön valvomana ja ohjaamana. (SFS-käsikirja 600:2007, 600.)

#### 4.4 Tarkastus

Standardin 6002 kohdan 5.3.3 mukaisesti tarkastuksen tarkoitus on varmistaa, että sähkölaitteisto on soveltuvissa standardeissa esitettyjen turvallisuussäännösten ja teknisten vaatimusten mukainen.

Tarkastus voi sisältää

- silmämääräisen tarkastuksen
- mittauksen ja/tai testauksen kohtien 4.2 ja 4.3 vaatimusten mukaan.

Tarkastuksia saavat tehdä ammattihenkilöt, joilla on kokemusta vastaavien asennusten tarkastamisesta. Tarkastuksissa pitää käyttää sopivia välineitä siten, että ehkäistään vaara ja samalla tarvittaessa otetaan huomioon paljaista jännitteisistä osista johtuvat rajoitukset.

Tarkastuksista on pidettävä pöytäkirjaa. Tarvittavat korjaukset pitää tehdä ja tulokset on kirjattava kansallisten tai paikallisten vaatimusten mukaisesti. (SFS-käsikirja 600:2007, 601.)

## 5 KONEIDEN SÄHKÖTURVALLISUUS JA TODENTAMINEN

Standardi SFS-EN 60204-1: 2006 määrittelee koneen sähkölaitteiston yleiset vaatimukset. Standardin luvussa 18 on käsitelty koneen käyttöönototarkastuksia ohjaavat vaatimukset.

Todentamisen laajuus tietyille konetyypeille esitetään niille tarkoitetuissa tuotestandardeissa. Jos koneelle, kuten aseptinen nestepakkauslinja, ei ole sille tarkoitettua tuotestandardia, todentaminen toteutetaan yleisen ohjeen mukaan.

Yleisesti on koneelle suoritettava seuraavat todentamiset ja mittaukset:

- a) todennetaan, että sähkölaitteisto on teknillisen dokumentaation mukainen
- b) kun kosketusjännitesuojaus toteutetaan syötön automaattisella poiskytkennällä, sille asetetut ehdot on todennettava kohdan 5.2 mukaisesti
- c) eristysresistanssimittaus (kohta 5.3)
- d) jännitekoe (kohta 5.4)
- e) suojaus jäännösjännitteiltä (kohta 5.5)
- f) toiminnalliset testit (kohta 5.6).

Kun nämä testit tehdään, ne suositellaan tehtäväksi edellä esitettyssä järjestyksessä. Standardin mukaisesti todentamisen on aina sisällettävä kohdat a, b ja f. Valmistajan määrittelyjen mukaisesti se saattaa myös sisältää yhden ja useamman kohdista c, d ja e.

Kun koneen osaa tai siihen kuuluvaa sähkölaitteistoa muutetaan, on muutettu osa todennettava ja testattava tarkoituksen mukaisesti uudelleen. Eri tyistä huomiota on kiinnitettävä uudelleen testaamisen aiheuttamiin mahdollisiin haittavaikutuksiin. Näitä voivat olla esimerkiksi eristyksen ylikuormitus, laitteiden erottaminen ja uudelleen kytkeminen.

Testaus on tehtävä asianmukaisten IEC-standardien mukaisilla mittalaitteilla. (SFS-EN 60204–1:2006, 158.)

### 5.1 Teknilliset dokumentit

Koneen käyttöönottomittauksia voidaan selventää merkittävästi asianmukaisilla dokumenteilla. Myös koneturvallisuusstandardi SFS-EN 60204-1 määrittelee, millaisia dokumentteja on tarpeellista toimittaa valmistuneen koneen mukana. Näistä määrittelyistä dokumenteista tässä käsitellään lyhyesti ne, jotka selventävät käyttöönottomittausten suoritusta ja tulosten arvioimista.

Koneen sähkölaitteiston asennuksessa, käytössä ja kunnossapidossa tarvittavat tiedot on toimitettava tarkoituksenmukaisessa muodossa, esimerkiksi piirustuksilla, kaavioilla, taulukoilla ja ohjeilla. Nämä tiedot on esitettävä hyväksytyllä kielellä. Toimitettavat tiedot voivat vaihdella riippuen toimitettavan laitteiston monimutkaisuudesta. Hyvin yksinkertaisilla laitteilla



sopivat tiedot voivat sisältyä yhteen dokumenttiin edellyttäen, että tämä dokumentti esittää koneen kaikki sähkölaitteet ja mahdollistaa syöttöverkon liitännöiden tekemisen. (SFS-EN 60204-1:2006, 152–158.)

### 5.1.1 Asennusdokumentit

Asennusdokumenttien on annettava kaikki koneen käyttöönottoa valmistelevan, mukaan lukien käyttöönotto, työhön tarvittavat tiedot. Mutkikkaissa tapauksissa saattaa yksityiskohdissa olla tarpeellista viitata kokoonpanopiirustukseen.

Työmaalla asennettavien syöttökaapelien paikka, tyyppi ja poikkipinta-ala on esitettävä selvästi.

Sähkölaitteiston syöttöjohtimen ylivirtasuojalaitteen tyyppin, ominaisuuksien, mitoitusarvojen ja asettelun valintaa varten tarpeellinen tieto on esitettävä.

Tarvittaessa on toimitettava ulkoinen johdotuskaavio tai johdotustaulukko. Tämän kaavion tai taulukon on annettava täydellinen tieto kaikista ulkoisista liitännöistä. Missä sähkölaitteiden on tarkoitettu toimivan useammalla sähkönsyötöllä, on ulkoisen johdotuskaavion tai johdotustaulukon osoitettava kunkin syötön käyttöön tarvittavat muutokset tai yhteen liitännät.

### 5.1.2 Yleis- ja toimintakaaviot

Jos on tarpeellista helpottaa toimintaperiaatteiden ymmärtämistä, on toimitettava yleiskaavio. Yleiskaavio esittää symbolisesti sähkölaitteet niiden toiminnallisine riippuvuuksineen esittämättä välttämättä kaikkia yhteenliittymisiä.

### 5.1.3 Piirikaaviot

Virtapiirikaaviot on toimitettava. Näiden kaavioiden on esitettävä sähköiset piirit koneessa ja siihen liitetyissä sähkölaitteissa. Komponenttien ja laitteiden symboliikan ja tunnistamisen on oltava yhtenäistä kaikissa dokumenteissa ja koneessa.

Tarvittaessa on toimitettava rajapinnan liittimiä esittävä kaavio. Tätä kaaviota saatetaan käyttää piirikaavioiden kanssa yksinkertaistamiseen. Kaaviossa olisi oltava viite kunkin yksikön yksityiskohtaiseen piirikaavioon.

Sähkömekaanisissa kaavioissa kytkinlaitteen piirrosmerkit on esitettävä kaikki syötöt (esim. sähköenergia, vesi tai voiteluaine) käännettynä ”POIS” sekä kone että sähkölaitteet normaalissa käynnistystilassa.

Johtimet on varustettava standardin mukaisilla tunnuksilla.

Piirit on esitettävä sellaisella tavalla, että niiden toiminnan ymmärtäminen sekä myös kunnossapito sekä vikojen paikallistaminen on helppoa.

#### 5.1.4 Käyttöohjeet

Tekniseen dokumentaatioon on sisällytettävä käyttöohjeet, jotka yksilöivät laitteiden asetus- ja käyttötoimenpiteet. Erityistä huomiota olisi kiinnitettävä koneeseen sisältyviin turvatoimenpiteisiin.

Kun laitteiston toiminta voidaan ohjelmoida, on toimitettava yksityiskohdaiset tiedot ohjelmointimenetelmistä, ohjelman todentamisesta ja lisäturvatoimenpiteistä.

#### 5.1.5 Kunnossapito-ohjeet

Teknisen dokumentaation on sisällettävä kunnossapito-ohjeet, jotka yksilöivät asettelun, huollon ja ehkäisevän tarkastuksen sekä korjauksen toimenpiteet. Suositus huoltopäiväkirjasta olisi oltava osa tätä ohjeistoa. Jos toimitukseen kuuluu oikean toiminnan todentamismenetelmät (esim. ohjelman testausohjelma), on menetelmien käyttö yksilöitävä. (SFS-EN 60204–1:2006, 152–158.)

### 5.2 Kosketusjännitesuojauksen todennus

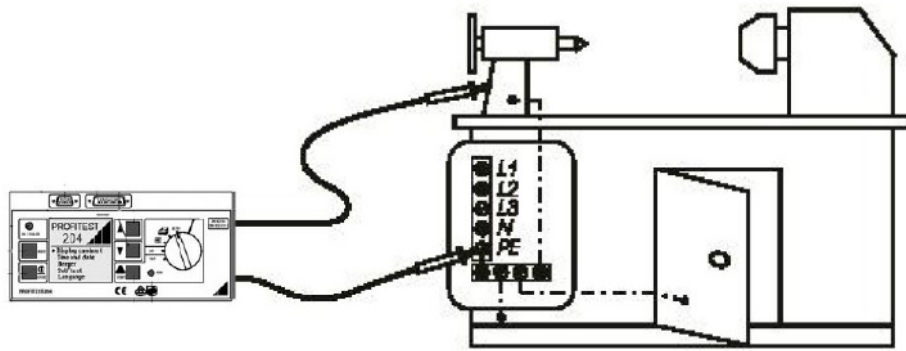
Syötön automaattisella poiskytkennällä toteutetun suojauksen ehdot on todennettava testaamalla. TN-järjestelmässä jokaisen suojajohdinpiirin jatkuvuus todennetaan kokeella 1 ja syötön automaattisella poiskytkennällä toteutetun suojauksen ehdot todennetaan kokeella 2.

Jos kosketusjännitesuojauksen kokeen 2 mittauksen aikana esiintyy suojajohdinpiirin katkos, se voi aiheuttaa vaarallisen tilanteen mittaajalle ja muille henkilöille. Tämä virheellinen tilanne voi aiheuttaa myös vaurion sähkölaitteistolle. Tästä syystä on suojajohdinpiirin jatkuvuus koe 1 tehtävä aina ennen kuin koe 2 tehdään mittaamalla.

#### 5.2.1 Koe 1: Suojajohdinpiirin jatkuvuus

PE-liitimen ja kunkin suojajohdinpiirin osa asiaankuuluvan kohdan välinen resistanssi on mitattava virralla, joka on vähintään 0,2 A:n ja noin 10 A:n välillä. Virtalähde on syöttöjännitteestä erotettu, jonka jännite kuormittamattomana on 24 V AC tai DC. PELV-jännitelähteen käyttöä ei suositella, koska se saattaa tuottaa harhaan johtavia tuloksia. Mitatun resistanssin on oltava odotetulla alueella suojajohdinpiirin johtimen pituudesta, poikkipinnasta ja materiaalista riippuen. (SFS-EN 60204–1:2006, 160.)

Mittausjärjestely on kuvattu kuvassa 5.



Kuva 5. Suojajohdinpiirin jatkuvuusmittaus (Köykkä 2008.)

### 5.2.2 Koe 2: Vikavirtapiirin impedanssin ja ylivirtasuojan soveltuvuus

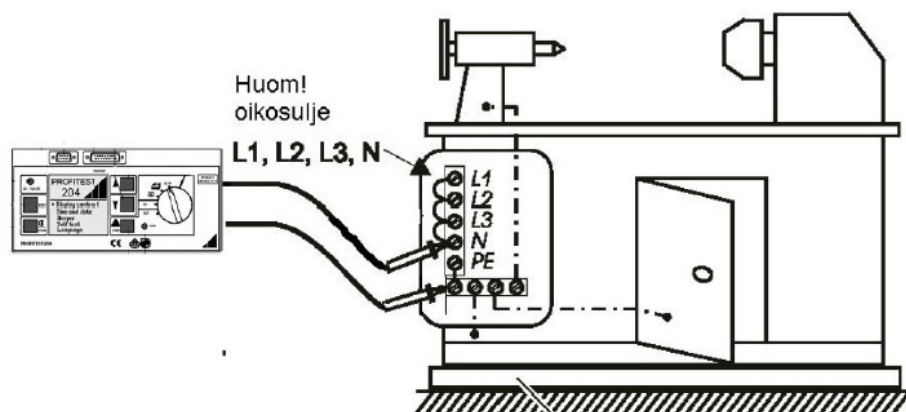
Syötön liitännät ja ulkoisen suojajohtimen liitäntä koneen PE-liittimeen on todennettava tarkastamalla.

Syötön automaattiselle erottamiselle standardin SFS-EN 60204-1 kosketusjännitesuojauksen määrittelemien ehtojen todentaminen on toteutettava sekä

1. todentamalla vikavirtapiirin impedanssi laskennallisesti kun asennus on toteutettu siten, että johtimen pituus ja poikkipinta voidaan tarkastaa tai mittaamalla vikavirtapiirin impedanssi IEC 61557-3 mukaisella mittalaitteella.
2. varmistamalla, että piiriin kuuluvan ylivirtasuojan asetteluarvot ja ominaisuudet ovat standardin määrittelemien vaatimusten mukaiset.

### 5.3 Eristysresistanssi mittaus

Pääpiirien johtimien ja suojajohdinpiirin välisen eristysresistanssin on oltava vähintään 1 M $\Omega$  mitattuna 500 V:n tasajännitteellä. Mittaus voidaan tehdä koko asennuksen yksittäisille ryhmille. Mittausjärjestely on kuvattu kuvassa 6.



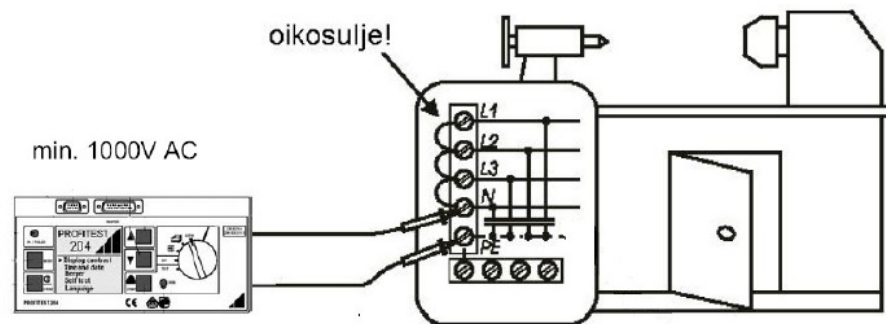
Kuva 6. Eristysresistanssin mittaus (Köykkä 2008.)

Jos koneen sähkölaitteistossa on ylijännitesuojia, jotka todennäköisesti toimivat mittauksen aikana, sallitaan joko niiden irrottaminen, tai mittausjännitteen alentaminen ylijännitesuojan toiminta-arvoa pienemmäksi, mutta ei syöttöjännitteen huippuarvoa pienemmäksi. (SFS-EN 60204–1:2006, 164.)

#### 5.4 Jännitekoe

Jännitekoe tulee tehdä standardin IEC 61180-2 mukaisella mittalaitteella. Testausjännitteen taajuuden on oltava 50 Hz tai 60 Hz. Suurimman koejännitteen on oltava arvoltaan kaksinkertainen laitteiston mitoitusjännitteeseen nähden. Jos kaksinkertainen mitoitusjännite on alle 1 000 V, on mitoitusjännitteen oltava kuitenkin vähintään 1 000 V.

Suurimman koejännitteen on vaikutettava pääpiirin johtimien ja suojajohdinpiiriin välillä noin 1 sekunnin ajan. Vaatimukset on täytetty, kun läpilyöntiä ei tapahdu. Mittausjärjestely on kuvattu kuvassa 7.



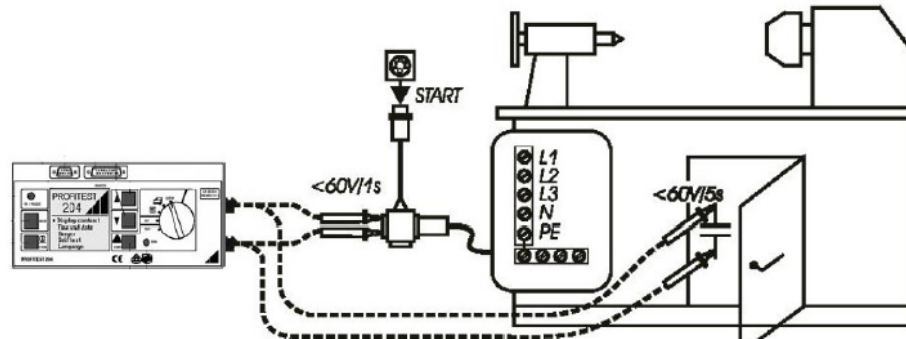
Kuva 7. Jännitekoe (Köykkä 2008.)

Komponentit, jotka on mitoitettu siten, että ne eivät kestä tätä koetta, on erotettava kokeen ajaksi. Komponentit ja laitteet, joille jännitekoe on tehty niitä koskevan tuotestandardin mukaisesti, voidaan irrottaa kokeen ajaksi. (SFS-EN 60204–1:2006, 166.)

Aseptinen nestepakkauslinja sisältää runsaasti pienoisjännitteen komponentteja, jotka eivät kestä jännitekokeen vaatimaa 1 000 V:n jännitettä. Kaikille valmiina toimitetuille komponenteille ovat niiden valmistajat jo suorittaneet vaatimustenmukaisuuden määrittelemät mittaukset. Jännitekokeen suorittamiseksi turvallisesti olisi irrotettava pienoisjännitteen komponentteja niin suuressa määrin, että se kohtuuttomasti viivästäisi mitaustapahtuman suorittamista. Jännitekoe ei myöskään sisälly niihin välttämättömiin mitaustapahtumiin, jotka standardi SFS-EN 60204-1 määrittelee, vaan tarpeellisuuden määrittelee koneen valmistaja. Näistä syistä jännitekokeen suoritusta ei ole suositeltavaa suorittaa aseptisen nestepakkauslinjan käyttöönottomittauksien yhteydessä.

## 5.5 Suojaus jännösjännitteiltä

Tarvittaessa on suoritettava jännösjännitekoe standardin EN-SFS 60204-1 kohdassa 6.2.4 määrittelyn mukaisesti vaatimustenmukaisuuden varmistamiseksi. Mittausjärjestely on kuvattu kuvassa 8.



Kuva 8. Jännösjännitteen mittaus (Köykkä 2008.)

Jännitteiden osien jännösjännite, mikäli se syötön katkaisun jälkeen on suurempi kuin 60 V, on purettava 60 V:iin tai sen alle 5 sekunnin kuluessa katkaisusta edellyttäen, ettei se häiritse laitteiston toimintaa. Tätä ei edellytetä komponenteille, joiden varaus on enintään 60  $\mu$ C. (SFS-EN 60204-1:2006, 60.)

Mikäli määritelty purkamisnopeus häiritsee laitteiston toimintaa, vaarasta on ilmoitettava ja mainittava aika, jonka jälkeen kotelo voidaan turvallisesti avata. Tämä toteutetaan sijoittamalla pysyvä ilmoitus kondensaattorin sisältävään koteloon tai sen välittömään läheisyyteen.

## 5.6 Toiminnalliset testit

Sähkölaitteistoon ja sähköturvallisuuteen liittyvät toiminnot on testattava. Näitä ovat hätä-seis-piirit, ovien turvarajat, paineilmajärjestelmän paineettomuuden ohjaus ovien avauksen jälkeen sekä ovien lukituksen toiminta. Myös moottorien oikeat pyörimissuunnat on todennettava aistinvaraisesti.

## 5.7 Dokumentointi

Standardi SFS-EN 60204-1: 2006 ei määrittele tarkkaa mallia käytettävästä tarkastuspöytäkirjasta, johon mittaustulokset kirjataan. Yrityksen kannattaa muokata oma pöytäkirjapohja, johon kaikki vaadittavat mittaustulokset kirjataan. Pöytäkirjaan merkitään oleelliset mittaustulokset käyttöönottomittauksista. Niitä ovat esimerkiksi PE-mittauksen suurin ja pienin mittaustulos. Tarkemmat mittaustulokset voidaan liittää tarkastuspöytäkirjaan liitteenä. Tarkastuspöytäkirjassa on myös todettava hyväksyttyjen mittaustulosten mukaan vaatimustenmukaisuuden toteutuvan.

## 6 KÄYTTÖÖNOTTOMITTAUSTEN SUORITUS

Aseptisen nestepakkauslinjan sähköjärjestelmien käyttöönottomittaukset aloitetaan 230/400 VAC:n järjestelmiin kohdistuvilla mittauksilla. Nämä mittaukset todentavat koneen sähköjärjestelmien suojauksen toimivan ja muut mittaukset ja testit voidaan turvallisesti toteuttaa.

Koska aseptinen nestepakkauslinja muodostuu kahdesta yksiköstä, tölkinmuodostusyksiköstä ja täyttöyksiköstä, joilla on erilliset sähkösyötöt, tehdään sähköjärjestelmien käyttöönottomittaukset kummallekin koneelle erikseen saman ohjeistuksen mukaisesti. Ainoa ero yksiköiden mittauksessa on mitattavien kohteiden määrä.

Mittalaitteena käyttöönottomittauksissa käytetään koneturvallisuustesteriä Profitest 204 (kuva 9). Koneturvallisuustesterillä suoritetaan PE-johtimen jatkuvuusmittaus, eristysresistanssin mittaus ja jäännösjännitteen mittaus. Vikavirtapiirin impedanssin ja ylivirtasuojan soveltuvuus todennetaan laskennallisesti.



Kuva 9. Profitest 204 koneturvallisuustesteri (ELFA n.d.)

Lähtötilanteessa kaikki suojalaitteet, johdonsuojakatkaisijat ja moottorin-suojakatkaisijat ovat kytketty auki-tilaan.

Toiminnalliset testit hyväksyttävästi suoritettujen käyttöönottomittausten jälkeen aloitetaan koneyksiköiden turvallisuuteen liittyvistä toiminnoista. Näitä ovat hätä-seis-toiminnot, paineilman poistolaitteiden toiminnot sekä ovien sulkeutumisen varmistavat toiminnot. Myös toiminnalliset testit to-

teutetaan molemmissa koneissa saman ohjeistuksen mukaan kyseisen koneen toimintojen mukaisesti.

## 6.1 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvarainen todentaminen toteutetaan koko valmistusprosessin ajan. Sähkö- ja automaatioasennuksen yhteydessä johdotus ja kytkennät toteutetaan sähkö- ja automaatiiodokumenttien mukaisesti.

Erityistä huomiota on kiinnitettävä seuraaviin kohteisiin:

- syöttökaapelin liitokseen, kireyteen ja vaihejärjestykseen
- PE-kiskon ja N-kiskon johdinliitoksiin
- johdonsuojakatkaisijoiden johdinliitoksiin
- sähkökaappien ovien johtimien ylivienteihin
- yleisen hyvän sähköasennustavan toteutumiseen.

Käyttöönottovaiheessa ennen PE-johtimen jatkuvuusmittausta, tarkistetaan että tarvittavat dokumentit ovat suorittavan henkilöstön käytössä ja ne ovat oikean version mukaisia. Näitä dokumentteja käytetään myös käyttöönottomittauksia seuraavassa I/O-testauksessa. Tarvittavat dokumentit ovat

- sähkö- ja automaatioasennuksen piirikaaviot
- I/O-listaus ja I/O-kaavio
- käyttöönotto-ohjekirja.

## 6.2 Kosketusjännitesuojauksen todennus

Kosketusjännitesuojaus todennetaan suojaavan PE-johtimen jatkuvuusmittauksella sekä vikavirtapiirin impedanssin ja ylivirtasuojan soveltuvuuden todentamisella. Vikavirtapiirin impedanssi ja ylivirtasuojan soveltuvuus todennetaan laskennallisesti.

### 6.2.1 PE-johtimen jatkuvuus

PE-johtimen jatkuvuusmittauksessa todennetaan sähköjärjestelmän suoja-johtimen jatkuvuus ja johtokyky. PE-johtimen liiallinen resistanssi tai peräti katkos aiheuttaa suojaavien laitteiden toimimattomuuden riittävän nopeasti vikatapauksissa ja aiheuttaa hengenvaaran käyttöhenkilöille.

Mittaus tehdään jännitteettömässä laitteistossa mittaamalla jännitteelle alttiin osan sekä näitä lähinnä olevan pääpotentialitasaukseen liitetyn pisteen välinen suojajohtimen resistanssi. Olennaista on, että jokainen suoja-johdinyhteys mitataan ja mittaus tehdään laitekohtaisesti. Jatkuvuusmittausta varten suojajohtimia ei tarvitse irrottaa kytkennöistään.

Hyväksyttävälle mittaustulokselle ei ole mitään tarkkaa raja-arvoa. Saatua arvoa tulee verrata mitattavan johtimen poikkeipinnan ja pituuden perusteella arvioitavissa olevaan arvoon. Jos nämä arvot poikkeavat toisistaan oleellisesti, on selvitettävä poikkeaman syy. Resistanssi arvo saa olla

yleensä enintään noin 0,5 Ω. Mikäli suojajohtimet ovat pitkiä, voi olla suurempikin.

Aseptisessä nestepakkauslinjassa PE-johtimen pituudet ovat varsin lyhyitä. Pituudet ovat kaikissa kohteissa alle 15 m. PE-johtimen resistanssiarvo on suurimmillaankin alle 0,3 Ω. Ruostumattomasta teräksestä rakennettu konerunko osaltaan toimii myös PE-johtimena laitekiinnitysten kautta ja alentaa mitattua resistanssi arvoa.

Yksittäisiä mittaustuloksia ei tarvitse esittää käyttöönottopöytäkirjassa, mutta ne voidaan liittää käyttöönottopöytäkirjaan erillisenä liitteenä. Merkintä pienimmästä ja suurimmasta resistanssiarvosta kuitenkin on oltava merkittynä. Pöytäkirjassa täytyy todeta suojajohtimien jatkuvuusvaatimusten täyttyvän.

## 6.2.2 Vikavirtapiirin impedanssin ja ylivirtasuojan soveltuvuus

Aseptisen pakkauslinjan johdotusten johtopituudet ja johtimien poikkipinta-alat ovat selkeästi tarkistettavissa. Tästä rakenteellisesta ominaisuudesta johtuen, todennetaan vikavirtapiirin impedanssi ja ylivirtasuojan soveltuvuus laskennallisesti.

Käytetyn vaihtojännitteen mukaisesti suurin ylivirtasuojan poiskytkentäaika kiinteästi kytketyillä koneilla on 5 sekuntia. Nestepakkauslinjan ylivirtasuojina käytetään B-tyypin ja C-tyypin johdonsuojakatkaisijoita. Johdonsuojakatkaisijoilla poiskytkentäajat ovat myös nopeampia kuin koneilla vaadittu, poiskytkentäajan ollessa 0,4 sekuntia. Suojaava johdonsuojakatkaisija määrittelee suurimman pituuden johdotukselle, joka voi olla tietyn poikkipinta-alan johtimilla. Se voidaan laskea kaavalla 1,

$$l = \left( \frac{\left( \frac{c U}{\sqrt{3} I_k} \right) - Z_v}{2z} \right) \quad (1)$$

jossa

$l$  on johtopituus (km),  $c$  on kerroin 0,95,  $U$  on pääjännite,  $I_k$  on oikosulkuvirta, joka aiheuttaa automaattisen poiskytkennän vaaditussa ajassa,  $Z_v$  on impedanssi ennen suojalaitetta ja  $z$  on suojattavan johtimen impedanssi (Ω/km). (D1-2009:2009, 94.)

Johtimen impedanssiarvossa  $z$  on huomioitu johtimen lämpenemisen vaikutuksesta tapahtuvan johtimen resistanssin kasvaminen. Standardi SFS-EN 60204-1 määrittelee suurimmaksi lämpötilaksi johtimen lyhytaikaisessa oikosulussa 160 °C. Taulukossa 1 impedanssiarvot on määritelty tämän lämpötilan mukaan. (SFS-EN 60204–1:2006, 188.)



Taulukko 1. Kuparikaapelin impedanssi johdinlämpötilassa 160 °C

Johtimien poikkipinta A/mm <sup>2</sup>	Johtimen impedanssi Ω/km
4 x 1,5	17,73
4 x 2,5	10,64
4 x 4	6,65
4 x 6	4,43
4 x 10	2,66

Taulukossa 2 on laskettu nestepakkauslinjan koneyksiköissä olevien ylivirtasuojien ja johdinpoikkipinta-alojen mukaiset suurimmat sallitut kaapelipituudet kaavan 1 mukaisesti. Näitä laskennallisia pituuksia verrataan koneessa toteutuneisiin pituuksiin, esimerkki vertailun taulukosta on esitetty liitteessä 4.

Taulukko 2. Koneyksiköiden suurimmat sallitut kaapelipituudet

Suojalaitteen syötön impedanssi	Poikkipinta	Suojalaitteen mitoitus- tai asettelu-arvo	B-tyypin johdonsuoja- katkaisija, $I_a=5 \times I_n$	C-tyypin johdonsuoja- katkaisija, $I_a=10 \times I_n$	Säädettävä ylivirta- katkaisija, $I_a=8 \times I_n$
mΩ	mm <sup>2</sup>	A	Suojalaitteen ja sen kuorman välinen kaapelin pituus, m		
500	1,5	1		628	
500	1,5	2		307	
500	1,5	4		146	
500	1,5	6	200	98	
500	1,5	10	114	50	66
500	2,5	16	110	43	60
500	6	16			144
500	6	20		72	
300	6	32		46	
300	10	63		11	

Todelliset mitatut pituudet eivät saa ylittää laskennallisia pituuksia. Jos todellinen pituus on pitempi kuin laskennallinen maksimipituus, on johtimen poikkipinta-alaa kasvatettava tai suojaavan johdonsuojakatkaisijan arvoa pienennettävä.

Koska suojattavan laitteen nimellisvirta määrittelee suojaavan johdonsuojakatkaisijan arvon, on todellisuudessa vaihtoehtoina kasvattaa johtimen poikkipinta-alaa tai johdonsuojakatkaisijan vaihtaminen C-tyypistä B-tyyppiin, milloin se on mahdollista.

Lisäksi on kiinnitettävä huomiota ylivirtasuojien selektiivisyyden toteutumiseen.

Tulevaisuudessa olisi tarpeellista hankkia yhtiön käyttöön myös testauslaitte, jolla voidaan mittaamalla todentaa vikavirtapiirin silmukavastus ja oikosulkuvirta. Mittaamalla todennettujen arvojen tarkastelussa on huomioi-

tava, että mittaus suoritetaan huoneenlämpöisissä johtimissa. Vikatapauksissa oikosulkuvirta lämmittää huomattavasti johtimia ja johtimien resistanssi kasvaa merkittävästi.

Koneissa vikavirran aiheuttama johtimien lämpeneminen ja siitä johtuva resistanssin muutos otetaan huomioon standardin SFS-EN 60204-1 määrittelemässä kaavassa 2.

$$Z_{s(m)} \leq \frac{2U_0}{3I_a} \quad (2)$$

jossa

$Z_{s(m)}$  on mitattu vikavirtapiirin impedanssin arvo,  $U_0$  on vaihtojännitteen nimellisarvo maahan ja  $I_0$  on virta, jolla suojalaite toimii määritellyssä ajassa, joka standardin mukaisesti on 5,0 s. (SFS-EN 60204-1:2006, 172.)

### 6.3 Eristysresistanssin mittaus

Eristysresistanssimittauksella varmistetaan, että jännitteiset osat ovat riittävän eristettyjä maapotentiaalista. Mittaus tehdään eristysresistanssimittarilla ennen laitteiston käyttöönottoa jännitteettömässä tilassa.

Mittausta suoritettaessa on varottava vaurioittamasta mitattavissa piireissä olevia elektronisia laitteita. TN-S -järjestelmässä mittauskytkentä on näille laitteille turvallinen, koska komponentteihin ei pääse muodostumaan haitallista potentiaalieroja. On kuitenkin syytä mitaten varmistaa suojajohdinpiirin olevan erossa nollajohdinpiiristä. Myös taajuusmuuttajaohjatut moottorit ja servo-ohjatut moottorit on syytä irrottaa mittausvirtapiireistä niiden aiheuttaman mittaustuloksen vääristymästä johtuen.

Pääpiirien johtimien ja suojajohdinpiirin välisen eristysresistanssin on oltava vähintään 1 MΩ mitattuna 500 V:n tasajännitteellä.

Kontaktoriohjatut moottorin syöttöpiirit on mitattava erikseen, jos ei ole mahdollisuutta kytkeä ohjaavia kontakteja mekaanisesti kiinni-asentoon mittauksen ajaksi.

Eristysresistanssimittaus suoritetaan seuraavassa järjestyksessä:

1. Tee laitteisto jännitteettömäksi.
2. Varmista, ettei nollapiiriin ole kytketty jännitteisiä osia.
3. Varmista jännitteettömyys.
4. Varmista, että johdonsuojakatkaisijat ovat kiinni.
5. Varmista, että suojajohdin ja nollajohdin eivät ole kytkettynä yhteen mistään pisteestä.
6. Tee mittauskytkennät.
7. Suorita mittaus. Mikäli mittaustulos ei ole hyväksyttävä, selvitä mistä tämä johtuu.
8. Palauta laitteisto toimintakuntoon päinvastaisessa järjestyksessä.

## 6.4 Suojaus jäännösjännitteiltä

Jäännösjännitteen mittauksella varmistetaan, ettei koneen laitteistoihin vaaradu koneen käyttäjälle vaarallista jännitettä sähkösyötön katkoksen tapahtuessa. Sähkösyötön katkos voi olla käyttäjän toimien vaatima pääkytkimen auki-tilaan asettaminen tai ulkopuolisista tekijöistä johtuva sähkökatkos.

Mahdollisia jäännösjännitteen lähteitä voivat tölkinmuodostusyksikössä ja täyttöyksikössä olla esimerkiksi taajuusmuuttajat sekä servo-ohjaimet. Jos jäännösjännitettä on havaittavissa, voi olla tarpeen määritellä ohjeisiin viiveaika ennen kuin sähkökeskus on luvallista avata sähkökatkoksen jälkeen.

## 6.5 Toiminnalliset testit

Toiminnallisissa testeissä varmistetaan toimintojen oikeellisuus. Pääosin toiminnalliset testit suoritetaan koneyksiköiden I/O-testauksen jälkeen. Turvatoiminnot kuitenkin testataan jo I/O-testin aikana testaus niistä aloitetaan.

Moottoriohjausten toimivuudessa tarkastetaan moottoreiden oikeat pyörimissuunnat sekä niiden pyörimisnopeuden muutettavuus. Aseptisessä nestepakkauslinjassa on kolmen säätötavan mukaisia moottoriohjauksia.

Suoraan kytketyt moottorit tarkistetaan ohjaamalla moottori käyntitilaan. Aistinvaraisesti varmistetaan oikea pyörimissuunta ja tarvittaessa korjataan pyörimissuunta moottorin kytkennästä. Jos moottoriohjauspiirissä on lisäksi moottorinsuojakytkin, on todennettava moottorinsuojakytkimen säädettävissä olevan virta-arvon olevan ohjattavan moottorin mukaisessa arvossa.

Taajuusmuuttajaohjatuista moottoreista tarkistetaan moottorin pyörimissuunta sekä nopeuden muutoksen hallittavuus. Jos pyörintäsuunta on virheellinen, on ensin varmistuttava taajuusmuuttajaan asetellun pyörimissuunnan oikeellisuudesta. Vasta tämän varmistuksen jälkeen on mahdollisesti väärään suuntaan pyörivän moottorin suunnanmuutos mahdollista muuttaa kytkennästä. Nopeuden muutoksen hallittavuus todennetaan asettamalla moottoria ohjaavaan taajuusmuuttajaan muutama eri nopeutta vastaava taajuus ja todentamalla moottorin nopeuden muuttuvan asetteluun mukaisesti.

Servo-ohjatuista moottoreista tarkistetaan liikesuunnat ohjaamalla servo-moottoria ohjausnäytön ryömintä napeista. Servo-ohjatut moottorit käyttävät valmiskaapeleita liittimineen. Jos suunta on ohjaukseen nähden väärä, on syynä useimmin servo-ohjaimen ohjelmistoon liittyvä virhe. Myös nopeusmuutokset ovat ohjelmoitu ohjaavaan ohjelmaan

## 6.6 Dokumentointi

Käyttöönottomittauksista tehdään yksikkökohtainen käyttöönottotarkastuspöytäkirja, jonka muoto on esitetty liitteessä 2. Pöytäkirjaan merkitään mittaustulokset, hyväksytyt mittauskohteet sekä mahdolliset poikkeamat. Mittauksen suorittaja allekirjoittaa pöytäkirjan tehtyjen mittausten osalta. Hyväksytyjen mittaustulosten mukaisesti pöytäkirjassa todetaan vaatimuksenmukaisuuden tämän koneen osalta täyttyneen.

## 7 ASEPTINEN NESTEPAKKAUSLINJA, I/O-TESTAUS

Kun aseptisen nestepakkauslinjan käyttöönottomittaukset on suoritettu ja koneen sähköjärjestelmät turvallisiksi todennettu, aloitetaan seuraavaksi aseptisen nestepakkauslinjan I/O-testaus.

Aseptisen nestepakkauslinjan I/O-testauksessa käydään tarkistaen ja todentaen läpi jokainen järjestelmään liitetty ohjaus, indikointi sekä mittaus. Kokonaismäärältään todennettavia kohteita on noin 800 kappaletta.

Aseptinen nestepakkauslinja koostuu kahdesta toiminnallisesta osasta, tölkinmuodostusyksiköstä ja täyttöyksiköstä. Molemmille yksiköille tehdään erilliset tarkistukset ja todennukset. Todentamisjärjestys on valittu kummallekin yksikölle todentamisen suorituksen henkilöturvallisuuden sekä koneturvallisuuden kannalta. Täyttöyksikössä on muutamia komponentteja ja toimintoja joita tölkinmuodostusyksikössä ei ole. Niiden tarkistus on erikseen tekstissä mainittu.

Tölkinmuodostusyksikkö sekä täyttöyksikkö ovat itsenäisesti toimivia koneita automaation näkökulmasta. Ainoastaan hätä-seis-piirit ovat yhteiset läpi koko aseptisen nestepakkauslinjan. Kun yhteiseen hätä-seis-piirin kytkentään suunnitellaan turvallinen ohikytkentä puuttuvan yksikön simuloimiseksi, on mahdollista myös suorittaa I/O-testaus yksikkökohtaisesti jo yksikön valmistuspaikalla. Tämä nopeuttaa pakkauskonelinjan käyttöönottoimia lopullisella testauspaikalla.

### 7.1 Valmistavat toimenpiteet ja tarkistukset

I/O-testin tarkoituksena on testata kaikki automaatiojärjestelmään liitetyt I/O-pisteet kenttälaitteelta sovellusohjelmaan asti. I/O-kytkentöjä voidaan tarkistaa kolmella eri tavalla, riippuen kohteiden ohjaustavoista:

- kosketusnäyttöohjaimesta, kun ohjaus ja/tai indikointi on kohteesta näyttöohjelmaan ohjelmoitu,
- logiikan, Trajexian laajennusyksikön ja DeviceNet-korttien indikoinneista,
- tietokoneen logiikkaohjelmistoon ladatusta koneyksikön ohjelmasta, sen ollessa online-tilassa.

I/O-testauksen suorittamiseen tarvitaan ajan tasalla oleva I/O-listaus, jotta kaikki kohteet voidaan kontrolloidusti ja tehokkaasti mennä toiminnoiltaan läpi. Testausdokumentteina käytetään samoja jo käyttöönottomittauksen aloituksessa varmistettuja dokumentteja (kohta 6.1).

I/O-testiä suorittavan henkilöstön tulee olla selvillä konelinjan ohjausten sekä ohjausjärjestelmän toiminnallisuudesta. Tarvittaessa testiä suorittamassa on automaation ja ohjelmoinnin henkilöstö käyttöönoton henkilöstön tukena.

Testauksen tulokset tallennetaan koneyksikkökohtaisesti omaan kansioon-  
sa riippumatta siitä, onko testaus tehty erillisessä koneyksikössä vai val-  
miissa nestepakkauslinjassa.

Ennen testien aloitusta tarkastetaan logiikan, kosketusnäyttöohjaimen ja  
Trajexian ohjelmistoversiot. Virheellisen version mukaiset ohjelmat aihe-  
uttavat testien osittaisen epäonnistumisen sekä turhaa ja aikaa vievää via-  
netsintää.

Aseptisen nestepakkauslinjan ohjelmistoversiot ovat olleet hyvinkin nope-  
asti toteutettujen muutosten piirissä. Muutokset ovat olleet joissain tapa-  
uksissa jopa päivittäisiä. Tästä syystä ohjelmaversioiden tallennus on pi-  
detty verkkoasemalla tiedostonimen ollessa kyseisen koneyksikön mukai-  
sesti päivämäärän sisältävässä muodossa. Viimeisin ajantasainen ohjelma-  
versio on kirjattu asemalla viimeisimmän päivämäärän mukaisesti. Tarvit-  
taessa automaatio-osaston ohjelmoitsijat selvittävät oikeiden ohjelmisto-  
versioiden paikkansa pitävyys koneyksiköissä.

### 7.1.1 Logiikan ohjelmaversio

Logiikan ohjelmaversio on helpoin tarkistaa Omronin CX-Programmer-  
logiikkaohjelmointiohjelman ”compare” -toiminnolla. Tällöin uusinta oh-  
jelmointikoneella olevaa versiota verrataan pakkauskoneeseen ladattuun  
ohjelmaan. Version ollessa sama, logiikkaohjelmointiohjelma ilmoittaa  
vertailun olevan onnistunut ja testit voidaan aloittaa.

Jos vertailun tulos on virheellinen, on selvitettävä, mikä ohjelman versio  
koneessa on, ja mahdollisesti ladata oikea versio koneeseen.

### 7.1.2 Kosketusnäytön ohjelmaversio

Kosketusnäyttöohjaimen ohjelmiston versio tarkastetaan Omronin CX-  
Designer-suunnitteluohjelmalla. Kosketusnäytön ohjelmiston virheellisyys  
aiheuttaa vääriä ohjauksia sekä virheellisiä tilaindikoiteja. Ohjelmointi-  
henkilöstö avustaa tarvittaessa versiotarkistuksen suorittamisesta.

### 7.1.3 Trajexian ohjelmaversio

Trajexian ohjelmistoversio tarkastetaan Omronin MotionPro-  
ohjelmistolla. Tölkkinmuodostuskoneessa Trajexian I/O-pisteiden todenta-  
minen on mahdollista laajennusyksikön indikointien kautta. Ohjelmointi-  
henkilöstö avustaa tarvittaessa versiotarkistuksen suorittamisesta.

## 7.2 Turvapiirit

Kuten jo aiemmin on todettu, hätä-seis-piiri on koko nestepakkauslinja  
yhdistävä turvapiiri. Hätä-seis-piirin ohjaus on toteutettu lukkiutuvien hätä-  
seis-painikkein ympäri nestepakkauslinjaa. Jokainen hätä-seis-painike on  
todennettava erikseen ja huomioitava turvareleen toiminta sekä kuittaan-

tuminen. Myös moottoriohjausten viiveellinen turvareletoiminto on todennettava releen toimintavalojen muodossa.

Ovipiirit on kytketty turvarelekytkentään. Ovien lukitus on toteutettu sähkölukituksin, joita ohjataan käyttäjän toimesta ohjaustaulussa olevalla ovikytkimellä sekä ovipiirien kuittausnapilla. Kun ovet ovat auki, on ovipiirien turvarele pois päältä. Tällöin myös moottoriohjaukset ovat estetty toimimasta. Jokaisen oven lukkiutuminen, lukituksen indikointi sekä kuittautuminen on todennettava.

Täyttöyksikössä on lisäksi todennettava henkilöturvallisuuteen liittyvien paineilmapoistojen toiminta. Paineilmapoistot kohdistuvat tölkin sisäänsyöttöön, tölkin pohjan saumaukseen sekä tölkin poistoon täyttökoneyksiköstä. Testauksessa kyseisen alueen ovi avataan ja todennetaan oikean paineilmapoiston toiminta. Kuittaus tapahtuu täyttöyksikön ovipiirien kuittausnapilla täyttöyksikön ohjaustaulussa.

### 7.3 Lämpötilamittaukset

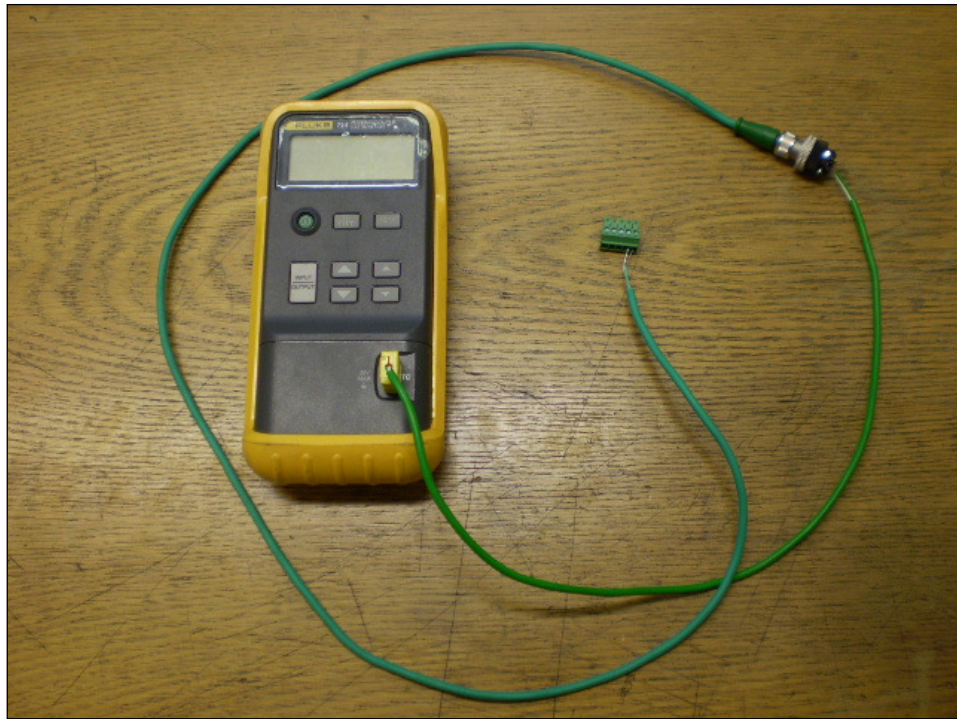
Lämpötilamittausten todentaminen on suoritettava ennen lämmitin yksiköiden käyttöä. Lämpötilamittaukset käydään tässä opinnäytetyössä hieman tarkemmin läpi niiden toiminnan turvallisuuden vuoksi. Virheellisesti toimivan lämmittimen vaarana on lämmitinyksikön ylikämpäminen ja siitä seurauksena olevat lämmityslaitteiden rikkoontumiset sekä mahdollinen tulipalovaara.

Tölkinmuodostusyksikössä on 11 kappaletta mittauksin todennettavaa lämpötilamittauskohdetta. Ne on kaikki johdotettu logiikan analogiatulosten mittausarvoksi lämpötilalähtetimen kautta.

Täyttöyksikössä on 61 kappaletta mittauksin todennettavaa lämpötilamittauskohdetta. Suurin osa lämpötilamittauksista on johdotettu järjestelmään väylän lämpötilakorteille. Vain pohjan saumainten lämmitysmittaukset on kytketty logiikan analogiatulosten mittausarvoksi.

#### 7.3.1 Mittauslaite

Lämpötilamittausten oikeellisuuden todentamisessa käytetään apuna Fluke 714 -lämpötilakalibraattoria (kuva 10), jolla voidaan syöttää anturipisteestä simuloitua lämpötilaa. Lämpötilakalibraattorilla voidaan myös mitata kohteen lämpötilaa suoraan anturista.



Kuva 10. Fluke 714 -lämpötilakalibraattori ja mittausjohto

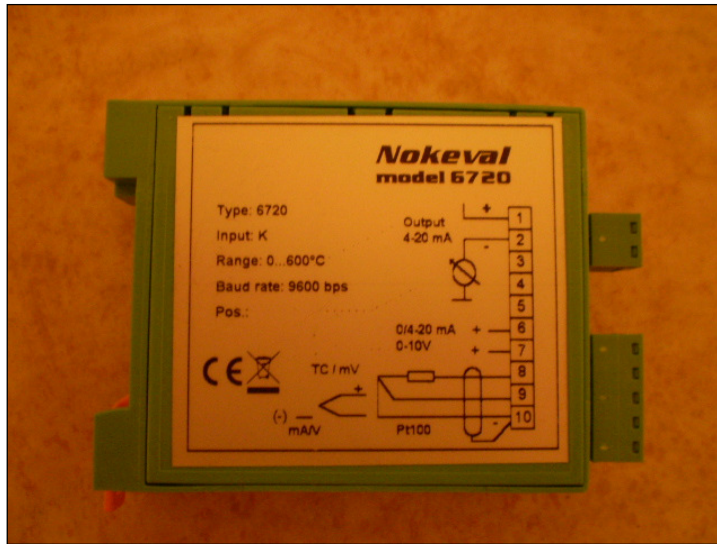
Mittarin käytössä on huomioitava mittauksen kohteena olevan lämpötila-anturin tyyppi. Aseptisessa nestepakkauslinjassa on suurin osa K-tyyppin antureita, vain peroksidilämmitin yksiköiden vastuslämpötilamittaus on toteutettu J-tyyppin anturein.

Lämpötilamittausten testauksessa todennetaan lämpötilanäytön oikeellisuus, ylikämpösuojauksen toimivuus ja ylikämpöhälytysten toteutuminen.

### 7.3.2 Lämpötilalähetin

Lämpötilamittausten tärkeä toiminnallinen osa on lämpötilalähetin (kuva 11). Oikean lämpötilamittauksen todentamiseksi, pitää lämpötilalähettimen skaalaus olla suoritettuna. Skaalauksella määritellään myös lämmitysanturin tyyppi. Jos lämpötilamittausarvo on tavallisuudesta poikkeava, voi syynä olla lämpötilalähettimen skaalaamattomuus. Lämpötilalähettimeltä lämpötila-anturin mittausarvo välitetään logiikan analogiamittauskortille 4–20 mA:n virtaviestinä.





Kuva 11. Nokeval 6720 - lämpötilalähetin

Täyttöyksikössä on käytössä myös väylään liitettävät lämpötilakortit. Vastaavasti virheet niiden skaalauksissa aiheuttavat samanlaisia virheellisyyksiä mittausarvoihin kuin lämpötilalähetimetkin.

### 7.3.3 Ylivirtarele

Täyttöyksikön pohjan saumainten lämmityspiirissä on lisäksi käytössä ylivirtareleet (kuva 12). Ylivirtareleillä suojataan pohjan saumaimet, jos lämpötilaohjaus ei katkaise vikatapauksen johdosta saumaimen lämmitystä. Ylivirtareleiden säätö ja toiminta on testattava ja todennettava ennen lämmitysohjausten käyttöönottoa. Ylivirtarele mittaa lämpötilalähettimeltä logiikan analogiamittauskortille välitettävää 4–20 mA:n virtaviestiä.



Kuva 12. Ylivirtarele DIB01

Ylivirtareleistä on säädettävä haluttu mittausvirta-alue, mittausvirran raja-arvo, toiminnan hystereesialue sekä ylivirtareleen toiminnan viive. Säädön perustaksi on määriteltävä, kuinka lämpimäksi saumainyksikkö saa lämmetä. Tämän perusteella arvioidaan, kuinka suuri on lämpötilalähtetimen välittämä vastaava virta-arvo. Arvioidun virta-arvon perusteella voidaan määrittellä ylivirtareleen haluttu mittausvirta-alue. Mittausvirta-alueen määrittely liian suureksi vaikeuttaa ylivirtareleen mittausvirran raja-arvon sekä hystereesialueen säätöä. Säättämätön ylivirtarele voi aiheuttaa lämmityspiirin toimimattomuuden sekä yllilämmitystapauksissa turvatoiminnon toimimattomuuden.

### 7.3.4 Lämmittimen virranmittaus

Täyttöyksikön pohjan saumainten ohjauspiirissä on myös käytössä virranmittaus. Virranmittauksella todennetaan käyttäjälle saumainyksikön kaikkien lämmitysvastusten toiminta. Virranmittaus on toteutettu virtamuuntajalla (kuva 13). Kun kaikki saumainyksikön vastukset ovat ehjiä, on virtamuuntajan välittämä arvo n. 3 200 mA. Yhdenkin rikkoutuneen lämmitysvastuksen toimimattomuus laskee virranmittauksen arvoa ja siitä saadaan hälytys käyttäjälle kosketusnäyttöohjaustauluun.



Kuva 13. Virtamuuntaja Carlo Cavazzi E82-2025

Virtamittausmuuntajassa on vain yksi säädettävä ominaisuus. Siitä säädetään mitattavan maksimivirran arvo. Virtamuuntajalta mittausarvo välitetään logiikan analogiakortille 4–20 mA:n virtaviestinä.

Kun lämpötilamittausten mittaus ja lämpötilaohjausten suojaus on todennettu toimivan oikein, testataan lämmittimien toimivuus toiminnallisessa testissä. Toiminnallisessa testissä kiinnitetään huomiota lämpötilamittausten muutoksiin, virranmittauksen oikeellisuuteen sekä PID-säätimen ohjaukseen.

### 7.4 Automaatiojärjestelmän I/O-laitteet

Tölkinmuodostusyksikössä on todennettavia I/O-pisteitä 161 kappaletta. Ne jakautuvat logiikan korteille kytkettyihin, liikkeenohjausyksikkö Tra-

jexiaan laajennusyksikön kautta kytkettyihin sekä väylään kytkettyyn venttiiliblokkiin. Lisäksi osaan servo-ohjaimista on kytketty suoraan niiden liikkeiden valvontaan kuuluvat anturit.

Täyttöyksikössä on todennettavia I/O-pisteitä 483 kappaletta. Kytkentäpisteet jakautuvat logiikan I/O-korttien, väylän I/O-korttien kesken ja väylä-ohjattujen venttiiliterminaalien kesken.

### 7.4.1 Lähtöjen todentaminen

Logiikan lähtöjen testaus suoritetaan aktivoimalla lähtö päälle jollain tapaukseen sopivalla tavalla. Se voi tapahtua ohjaintaulun kytkimestä, ohjainnäyttötaulun ohjainnapista tai tietokoneen logiikkaohjelmassa olevasta lähdön pisteestä. Sen jälkeen todennetaan ohjatun lähdön tila.

Tölkinmuodostusyksikössä lähdön tila voidaan todeta logiikan kortin indikoinnista tai Trajexian lähtöjen indikoinnista. Täyttöyksikössä lähdön tila voidaan todeta logiikan kortin indikoinnista tai väylään liitetyn lähtökortin indikoinnista.

Kun lähdön tila on todettu oikeaksi, tarkistetaan ohjauksen vaikutus myös toimilaitteeseen. Jos indikoinnit ja toiminnot eivät toimi oletetusti, viat paikallistetaan ja korjataan.

### 7.4.2 Tulojen todentaminen

Logiikan tulot todennetaan vaihtamalla toimilaitteen asemaa ohjaamalla toimilaitte aktiiviseksi. Toimilaitteen tilan muutos voidaan ohjata, kuten lähtöjen testauksessa on mainittu. Testattavan toimilaitteen asemaindikoinnin pitää olla vaihtanut tilaansa. Anturin tilan muutos on nähtävissä anturissa olevasta indikointivalosta. Jos anturi ei ole muuttanut tilaansa toimilaitteen liikkeen mukaan, on ensin tarkistettava anturin asemointi toimilaitteessa.

I/O-testin tässä vaiheessa on kiinnitettävä huomiota anturien asemointiin yleisestikin. Väärin asemoidun anturin tilamuutokset eivät välttämättä toimi sekä anturin pienikin asemavirhe voi vaikuttaa koneyksikön toimintanopeuteen merkittävästi.

## 7.5 Muut mittaukset

Täyttöyksikössä muita tarkistettavia mittauksia ovat tuotetankin ja vetyperoksiditankin nestemäärien mittausten, pesukeskuksen pesuvesisäiliön nestemäärämittauksen ja täyttökoneen poistovesisäiliön sekä saumaajalevyn kiertovesisäiliön yläraja-anturien mittausten todentaminen. Lisäksi on täyttöyksikön ilmanvaihdon ja molempien koneyksiköiden paineilmasyötön valvontaan liitettyinä ilmanpaineenmittausanturit, joiden mittausravot myös on todennettava oikeiksi.

#### 7.5.1 Tuotetankki ja vetyperoksiditankki

Tuotetankin ja vetyperoksiditankin mittausanturit ovat samanlaiset, tyypiltään Vegacal 63 sauvamallinen kapasitiivinen pinnankorkeusanturi. Anturi välittää nestepinnan mukaisen mittausarvon 4–20 mA:n virtaviestinä logiikan analogiamittauskortille. Ennen mittauksen oikeellisuuden toteamista, on mittausanturit kalibroitava nestesäiliöiden mukaisesti. Tämä tapahtuu ohjelmointiapulaitteen avulla määrittelemällä tyhjä säiliö näyttämään mittausarvoa 0 % ja täysi säiliö mittausarvoa 100 %. Kosketusnäyttöohjaimen sivuilla tankkien nestemäärän näyttö käsitellään myös prosenttimääräisenä. Mittausarvon muutokset todennetaan sivujen näyttämästä.

#### 7.5.2 Pesukeskus

Pesukeskuksessa on toteutettu ala- ja ylärajamittaus nesteraja-anturilla Endress-Hauser 11363Z. Nesteraja-anturin toimintaperiaate on nesteen aiheuttaman johtavuus kahden anturitapin välillä. Anturin välittämät rajatiedot pesusäiliön täyttöasteesta todennetaan kosketusnäyttöohjaimen pesukeskuksen ohjainsivulta.

#### 7.5.3 Saumauslevyn lämmitysvesisäiliö ja pesukierron poistovesisäiliö

Saumauslevy lämmitetään siinä kiertävän lämmitetyn veden avulla. Vesi lämmitetään halutun lämpöiseksi lämmitysvesisäiliössä. Säiliön veden määrää valvotaan nesteraja-anturilla, jonka toiminta on todennettava. Vajaa säiliö antaa anturin avulla hälytyksen veden riittämättömyydestä kosketusnäyttöohjaimeen. Virheellisesti toimiva anturi voi aiheuttaa lämmitysvastuksen ylikuumentumisen ja siitä johtuvan lämmityselementin rikoantumisen.

Pesukierron poistovesisäiliön sijaitsee täyttökoneyksikön peräosassa. Poistovesisäiliöön kertyy pesujen aikana kiertävä pesu- ja huuhteluliukokset. Yläraja-anturilla valvotaan säiliön täyttymistä ja estetään pesuveden ylivuotaminen tuotantotilaan. Anturin toiminta ja rajapinnan korkeus on todennettava toimivan oikein.

#### 7.5.4 Ilmanpainemittaus

Täyttökoneen ilmanvaihdon ilmanpainemittaus välitetään mittausanturilta HEPA-kotelosta logiikan analogiakortille 4–20 mA:n virtaviestinä. Mittausarvot on luettavissa kosketusnäyttöohjaimen sivuilta useastakin paikasta. Näyttämän mittausyksikkönä on Pascal, (Pa). Ilmanpaineen mittauksella varmistetaan ilmanvaihdon toimivan kunkin toimintakohdan mukaisilla oletetuilla nopeuksilla.

Paineilman paineenmittaus syöttölinjasta on toteutettu vastaavasti kuin ilmanvaihdon ilmanpainemittaus. Paineilman valvonnalla varmistetaan riittävä ilmanpaine järjestelmään. Jos ilmanpaine laskee alle raja-arvon, kyseinen koneyksikkö pysäyttää toimintansa ja antaa virheestä hälytyksen.

Paineilman mittaussarvon oikeellisuus voidaan todentaa kosketusnäyttöohjaimen sivulta. Paineilman näyttämän mittaussyksikkönä on baari, (bar).

Ilmanvaihdon HEPA-suotimien kunnon valvonta on toteutettu paine-eromittauksella ja paineen rajakytkimellä. Liian likainen suodatinelementti aiheuttaa suuremman paine-eron suodatinelementin yli, joka aiheuttaa painerajakytkimen tilan muutoksen. Paine-eromittarin toimintasuunta ja painerajakytkimen toiminta on todennettava.

## 8 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämä opinnäytetyö onnistui hyvin. Alkuperäinen tavoite selkeyttää ohjeistuksen muodossa käyttöönottomittauksia toteutui. Opinnäytetyön pohjalta laadittiin ohjeistus käyttöönototehtävään, minkä mukaan standardin mukaiset mittaukset ja todentamiset toteutetaan. Liitteenä 3 on esimerkkisivu käyttöönottomittausten ja todennusten ohjeistuksesta. Ohje jatkuu alempiin lohkoihin, jolloin kohdat käydään yksityiskohtaisemmin läpi. Lisäksi otettiin käyttöön yhtiölle laadittu käyttöönottopöytäkirja. Käyttöönottopöytäkirja on esitetty liitteessä 2 ja se liitetään valmistuneiden pakkauskonelinjojen toimituksiin. Opinnäytetyössä myös päivitettiin aiemmat määrittelyt koneen sähköisten osien rakenteesta ja toiminnallisuudesta nykyisen koneversion mukaiseksi.

Opinnäytetyön edetessä olisi ollut hyvä myös käytännössä toteuttaa suunnitellut todentamismittaukset käytännössä, mutta yhtiön kiireellisten loppuvuoden työtehtävien vuoksi siihen ei ollut mahdollisuutta.

Aseptisen nestepakkauslinjan automaatioon liittyvien I/O-pisteiden hallinta saatiin kuntoon päivittämällä dokumentit tehtävän etenemisen kannalta suotuisaan järjestykseen. Nyt käytössä olevat I/O-listaukset on tarkastettu olevan koneen ohjelmaversioiden mukaiset.

Opinnäytetyö auttoi perehtymään työtehtäviin käyttöönottotestauksien suorittajana. Virheiden ja ongelmien analysointi sekä kohdistaminen aseptisessä nestepakkauslinjassa ovat helpommin ratkaistavissa kuin aikaisemmin.

Käyttöönottomittausten ja I/O-testin kehittämiseksi seuraava vaihe on tutkia, kuinka voidaan testit suorittaa erikseen jo pakkauskonelinjan aiemmassa valmistusvaiheessa. Koneyksiköt rakennetaan erikseen ja ne valmistuvat useimmin eri ajankohtana. Tällöin voisi hyödyntää valmiin koneyksikön ”seisonta-ajan” käyttöönottomittausten sekä I/O-testin suoritukseen. Lisäksi on tutkittava, kuinka voidaan luotettavasti dokumentointi I/O-testistä siirtää sähköiseen muotoon nykyisen paperiversiodokumenttien korvaamiseksi.

Toinen opinnäytetyön johdosta esiin tullut kehityssuunta koskee koneyksiköissä toteutettua johdotusmallia. Nykyinen johdotus on suoritettu monessa eri vaiheessa johtuen lukuisista koneyksiköihin kohdistuvista muutoksista. On selvítettävä kenttäkoteloiden varustamiseen käytännöllisin johdotusmalli huomioiden liitettävät toimilaitteet. Jo nyt on huomattu johdotuskanavien olevan kooltaan riittämättömät nykyisille johdotuksille. Tästä syystä myös eri jännitejärjestelmien johdotus on ollut osittain välttämätöntä mahdollistaa samaan johtokanavaan.

## LÄHTEET

D1-2009. 2009. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Helsinki: Sähköinfo.

ELFA. Profitest 204 myyntiesite, verkkodokumentti. Julkaisuaika tuntematon. Viitattu 16.11.2011.

Saatavissa: <https://www1.elfa.se/data1/wwwroot/assets/large/911782f.jpg>

Köykkä, S. 2008. Sähkökeskusten standardien mukainen valmistus. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

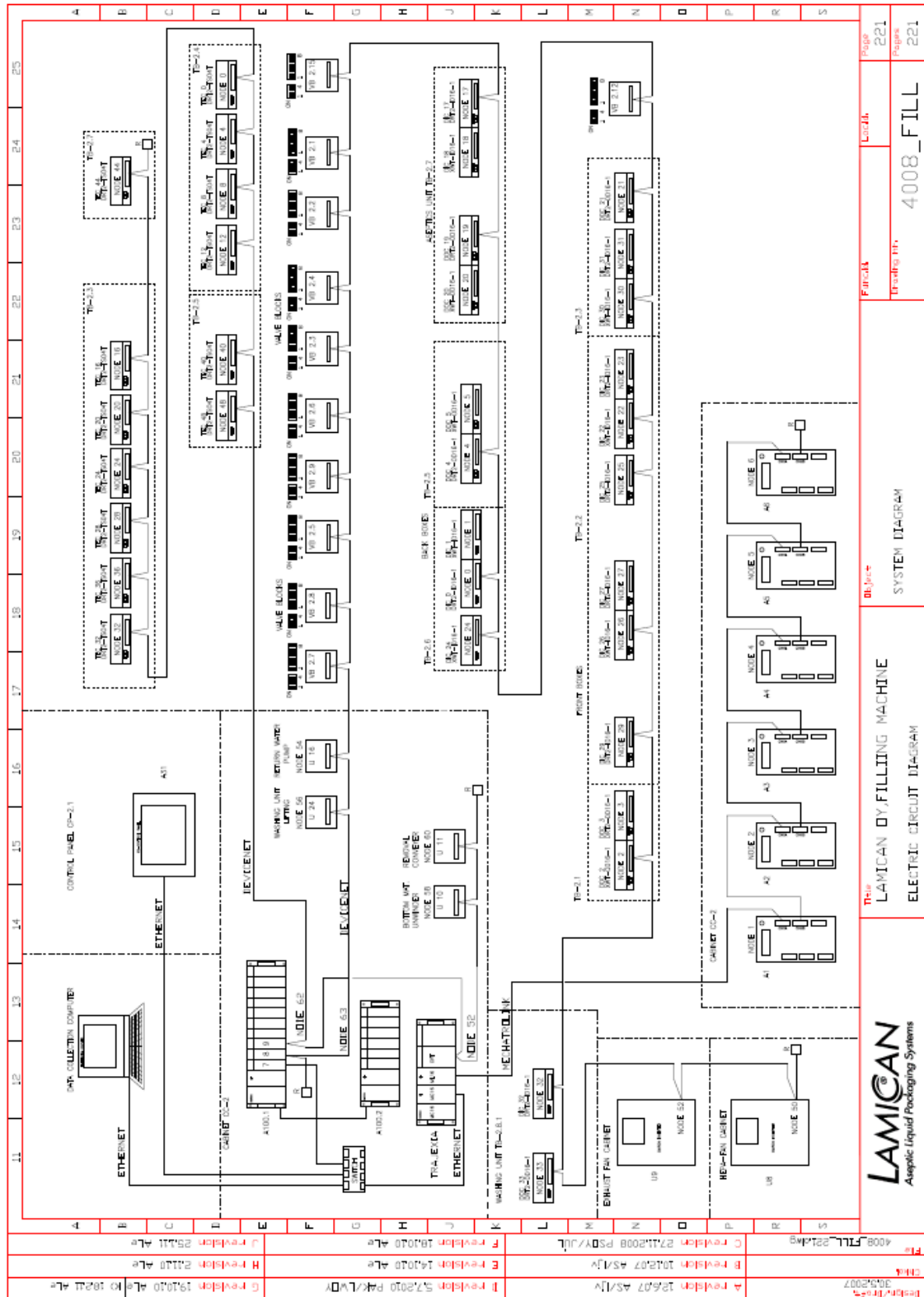
Leppänen, A. 2009. Aseptisen nestepakkauslinjan sähköistyksen modernisointi.

Hämeen ammattikorkeakoulu. Automaatiotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

SFS-EN 602304-1. 2006. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-käsikirja 600. 2007. Pienjänniteasennukset ja sähkötyöturvallisuus 2007. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

## TÄYTTÖKONEEN VÄYLÄRAKENNE






## KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS PÖYTÄKIRJA

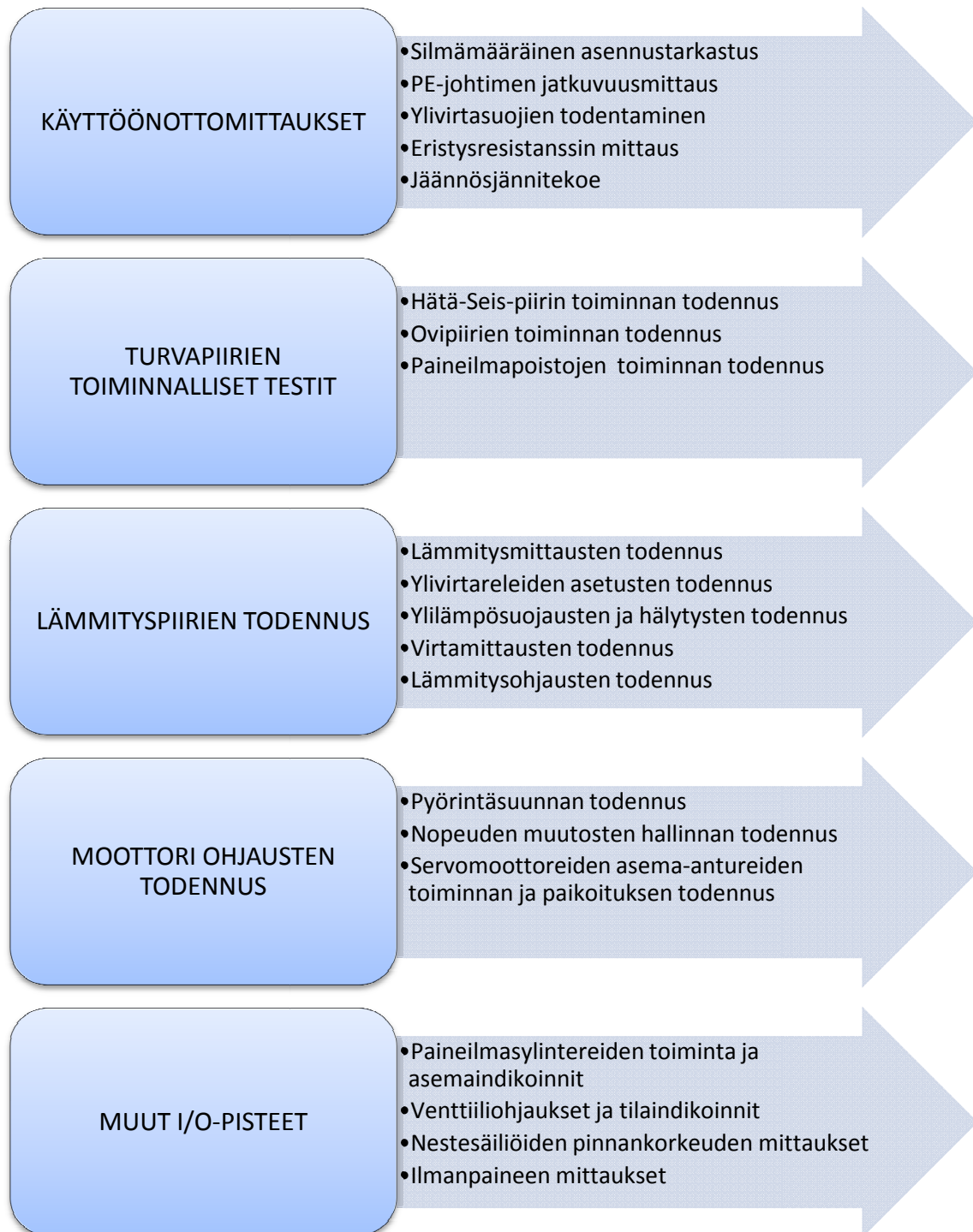
## TESTAUSPÖYTÄKIRJA

SFS-EN 60204-1: 2006

Asiakas:		Testauksen suorittaja:			
Järjestelmä/Kone:	<b>Täyttökone</b>	Tyyppi/Tunniste:			
Valmistaja:	<b>Lamican Oy</b>	Valmistusvuosi: <b>2011</b>			
Sarjanumero:	<b>140062011</b>				
Testauksen peruste:					
Uusi kone	<input checked="" type="checkbox"/>	Korjaus	<input type="checkbox"/>	Muutos	<input type="checkbox"/>
				Laajennus	<input type="checkbox"/>
				Muu tarkastus	<input type="checkbox"/>
Koneen testaus on suoritettu standardin SFS-EN 60204-1: 2006 vaatimusten mukaisesti					
<b>Asennustarkastus</b>		Tarkastettu	OK	Huomautuksia	
Suojamaadoituspiirin silmämääräinen tarkastus		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Liitosten kireys		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<b>Koe 1: Suojajohdinpiirin jatkuvuus</b>					
<b>Suurin sallittu resistanssi eri johdinpoikkipinnoilla:</b>					
<b>1.5mm<sup>2</sup>= 260mΩ ; 2.5mm<sup>2</sup>= 190 mΩ ; 4.0mm<sup>2</sup>= 140 mΩ ; 6.0mm<sup>2</sup>= 100 mΩ ; 10.0mm<sup>2</sup>= 100 mΩ</b>					
Nro	Jatkuvuus [mΩ]	Poikkipinta, johdonsuoja ja pituus [m]	OK	Kohde	
42	2,0	2,5 B16A 6,0	<input type="checkbox"/>	R33 socket ; PE Pienin mittausarvo	
32	97,0	1,5 C2A 8,0	<input type="checkbox"/>	H23.2 ; PE Suurin mittausarvo	
Mitatut suojajohdinpiirit täyttävät johdinkohtaiset vaatimukset			<input type="checkbox"/>		
<b>Koe 2: Vikavirtapiirin impedanssi</b>					
Nro	Impedanssi [Ω]	Oikosulkuvirta [A]	Suojalaitteen tyyppi	OK	Huomautuksia
90	0,0996	630	C63A	<input type="checkbox"/>	Epäedullisin piste
Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedanssiarvot saatu laskemalla				<input checked="" type="checkbox"/>	
Saadut arvot ovat standardien mukaiset				<input type="checkbox"/>	
Liitteet					
<b>Eristysresistanssi</b>					
Nro	Eristysres. L-N / PE [MΩ]	Mittausjännite [VDC]	OK	Huomautuksia	
1			<input type="checkbox"/>		
2			<input type="checkbox"/>		
3			<input type="checkbox"/>		
4			<input type="checkbox"/>		
<b>Suojaus jäännösjännitteiltä</b>					
Nro	Aika kunnes U < 60 V [s]	Mittauskohde	Huomautuksia		
1	< 5,0 s.	Pääkytkin			
Esiintyykö jäännösjännitteitä		Kyllä <input type="checkbox"/>	Ei <input type="checkbox"/>		
Vaatiiko lisäkokeita		Kyllä <input type="checkbox"/>	Ei <input type="checkbox"/>		
<b>Toimintakokeet</b>					
Nro	Koetus	OK	Huomautuksia		
1	Hätä-Seis toiminnot	<input type="checkbox"/>			
2	Ovipiirien toiminta	<input type="checkbox"/>			
3	Paineilmapoistojen toiminta	<input type="checkbox"/>			
4	Mootoreiden pyörintäsuunnat ja hallinta	<input type="checkbox"/>			
Testauksessa käytetyt mittalaitteet:		<b>Profitest 204 konetesteri</b>			
		<b>Kalibrointi 20.08.2011</b>			
Testauksen kohde täyttää sille asetetut vaatimukset <input checked="" type="checkbox"/>		Ei täytä (selvitys puutteista liitteenä) <input type="checkbox"/>			
Testauspöytäkirjan mahdolliset liitteet (kpl) <u>3</u>					
Aika ja paikka:		Testauksen suorittajan nimi ja allekirjoitus:			
<b>1.10.2011</b> <b>Valkeakoski</b>		<b>Timo Tolonen, Lamican Oy</b>			

KÄYTTÖÖNOTTOMITTAUSTEN JA TODENNUSTEN KAAVIO

## TODENNUSTEN SUORITUSJÄRJESTYS



## KAAPELIEN PITUUKSIEN VERTAILUTAUUKKO

Sulake	koko	Poikki- pinta-ala mm <sup>2</sup>	Johdinpituus (m)		Kohde	P / kW	I <sub>N</sub> / A
			Tod.	Max. 160 °C			
F01	3x C32A	6	2	46			
F02	3x C32A	6	2	46			
F1	3x C20A	6	10	72	Servo drive, Mandrel table	5	
F2	3x C16A	2,5	10	43	Servo drive, Lifting unit (Top tools)	3	
F3	3x C16A	2,5	10	43	Servo drive, Body material	3	
F4	1x C10A	1,5	10	50	Servo drive, Winding stick	0.4	2.6
F5	1x C10A	1,5	10	50	Servo drive, Moving plate	0.4	2.6
F6	1x C10A	1,5	10	50	Servo drive, Top material	0.4	2.6
F7	1x C10A	1,5	10	50	Servo drive, Tube conveyor	0.4	2.6
F8	3x C10A	1,5	6	50	Body material unwinding	0.25	1.28
F9	3x C10A	1,5	9	50	Top material unwinding	0.25	1.28
F10	13-18A	6	15	144	Exhauster	5.5	10.8
F11	0.63-1A				Reserve		
F12	0.63-1A				Reserve		
F13	9-14A	2,5	7	60	Vacuum pump	3.85	7.5
F14	2x B16A	2,5	9	110	Sidesealing label side	5.5	13.75
F15	2x B16A	2,5	9	110	Sidesealind back side	5.5	13.75
F16	2x B16A	2,5	9	110	Top heater 1 heating	5.5	13.75
F17	2x B16A	2,5	9	110	Top heater 2 heating	5.5	13.75
F18	2x B16A	2,5	9	110	Top heater 3 heating	5.5	13.75
F19	1x C6A	1,5	2	98	Cabinet lights	0.18	
F20	1x C2A	1,5	6	307	Machine lights	0.54	
F21	3x C6A	1,5	2	98	Transformer 24VDC		10
F25	3x B16A	2,5	6	110	Cooling water tank heating	5.5	
F26	1x D10A	1,5	6	18	Motors pump1, pump2		
F30	1x C4A	1,5	2	152	PLC power		
F31	1x C2A	1,5	2	307	Trajexia power		
F32	1x C10A	1,5	2	50	Servo drives M4-M7, control voltage		
F33	1x C2A	1,5	2	307	KS026 Cooling water level sensor		
F34	1x C16A	2,5	2	43	Cooler unit		
F35	1x C2A	1,5	9	307	Cooling fans, machine doors, top boxes		